Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VI. Jahrgang. **Sechstes Heft.** August 1893.

Zum propädeutischen Unterricht in der Hydrostatik.[1])

Von
Dr. **F. Poske** in Berlin.

Die Hydrostatik zeigt in den gebräuchlichen Lehrbüchern der Physik durchweg die gleiche, im wesentlichen deduktive Behandlung. Es wird das Prinzip der gleichmässigen Druckfortpflanzung vorangestellt, zumeist in wenig befriedigender Weise durch einen bloss gedachten Versuch erläutert, und daraus werden dann die einzelnen hydrostatischen Gesetze abgeleitet. Selbst wenn das genannte Prinzip eine völlig befriedigende direkte experimentelle Bestätigung zuliesse, so wäre doch die deduktive Behandlung für die Unterstufe des physikalischen Unterrichts aus Gründen, deren Erörterung überflüssig sein dürfte, ungeeignet.

Auch historische Gründe sprechen keineswegs für die Beibehaltung der bisherigen Lehrdarstellung. Diese rührt in ihren Grundzügen von Pascal her und findet sich in der nach seinem Tode 1663 veröffentlichten, angeblich aus dem Jahre 1653 herrührenden Abhandlung *„De l'équilibre des liqueurs“*. Aber der Entdecker des Prinzips, ebenso wie des sogenannten Pascalschen Paradoxons ist nicht Pascal, sondern Stevin, der in seinem 1634 zu Leyden erschienenen Hauptwerk eine völlig klare Herleitung der hydrostatischen Gesetze auf ganz anderer Grundlage als der Pascalschen gegeben hat. Pascal, dessen Geist nicht zum physikalischen, sondern aufs bestimmteste zum mathematischen Denken veranlagt war, hat durch seine deduktive Darstellung die Physik der ganzen Folgezeit beeinflusst, während die originellen Überlegungen Stevins fast unbekannt geblieben sind.

Es läge nun nahe, für einen mehr physikalisch gearteten Lehrgang der Hydrostatik auf die Gedanken Stevins zurückzugehen. Diese stützen sich grösstenteils auf die Verwendung eines eigenartigen Kunstgriffs, der Überlegung nämlich, dass in einer im Ruhezustande befindlichen Flüssigkeit die Ruhe nicht gestört wird, wenn beliebige Teile der Flüssigkeit starr gedacht oder durch feste Wände abgegrenzt werden. Auf diese Weise gelangt Stevin mit Leichtigkeit zu dem Satze von den communicierenden Röhren und zu dem Gesetze über die Unabhängigkeit des Bodendrucks von der Gestalt des Gefässes. Indessen ist dieser Gedanke trotz seiner wundervollen Einfachheit doch nicht für den Anfangsunterricht, zum mindesten nicht für die grundlegenden Betrachtungen geeignet. Er setzt ein zu feines Verständnis statischer Verhältnisse voraus, als dass er im Anfange, wo erst physikalische Anschauungen gewonnen werden sollen, benutzt werden dürfte; auch hat er zu sehr den Charakter eines geistreichen Einfalls und ist daher zu wenig geeignet, in das eigentliche physikalische Denken einzuführen. Im Laufe des Unterrichts (s. unten Versuch 12) wird man indess mit Vorteil an diesen Stevinschen Gedanken erinnern können.

[1]) Vorgetragen im Verein z. F. d. phys. Unterr. in Berlin am 5. Dezember 1892.

Da das Bedürfnis nach einer mehr induktiv gearteten Einführung in die Hydrostatik auch von anderer Seite empfunden worden ist, so habe ich mich entschlossen, den nachfolgenden von mir wiederholt erprobten Lehrgang zu veröffentlichen, bei dem die allereinfachsten und dem Gesichtskreise der Schüler am nächsten liegenden hydrostatischen Beobachtungen zum Ausgang genommen sind; auch sind historische Rücksichten insofern maassgebend geblieben, als bei einzelnen Wendungen und Schlüssen ausser an Stevin und Pascal auch an Heron und Robert Boyle angeknüpft wird. Von der Zufügung von Denkaufgaben, Anwendungen und Beispielen habe ich geglaubt in diesem Zusammenhange absehen zu dürfen. Zweckmässig ist, dass die Schüler sich den Eindruck der Versuche durch schematische Figuren wie die dem nachfolgenden Lehrgang beigegebenen festhalten.

Lehrgang.

Die Beobachtung zeigt, dass die Oberfläche des ruhenden Wassers in einem Gefäss eine wagerechte oder horizontale Ebene (d. h. eine Ebene senkrecht zur Richtung des Lotes an demselben Orte) ist. Diese Oberfläche des Wassers heisst auch Wasserspiegel oder Niveau. Hinweis auf die Gestalt der Meeresoberfläche.

Versuch 1. Eine beiderseits offene Glasröhre (Fig. 1) wird am oberen Ende mit dem Finger verschlossen und in ein mit Wasser gefülltes Gefäss (Standcylinder) getaucht. Lässt man dann die obere Öffnung frei, so steigt das Wasser in der Röhre bis zur Höhe des Wasserspiegels empor. Es ist zweckmässig, den Versuch zu wiederholen und dabei zur besseren Sichtbarkeit in das Rohr eine kleine Menge gefärbter Flüssigkeit, Fuchsin- oder Kaliumpermanganatlösung, zu bringen.

Fig. 1.

Der Versuch lehrt, dass an der unteren Öffnung der eingetauchten Röhre ein Druck stattfindet, der das Wasser lotrecht empor treibt. Bei tieferem Einsenken der Röhre erkennt man, dass dieser Druck mit der Tiefe unter dem Wasserspiegel zunimmt.

Es fragt sich nun, ob der beobachtete Druck nur auftritt, wenn eine unten offene Röhre in das Wasser getaucht wird, oder ob er von diesem Umstande unabhängig ist. Wir ändern deshalb den Versuch zunächst so ab, dass der Druck nicht an einer Öffnung, sondern an einer festen Wand wirksam wird.

Fig. 2.

Versuch 2. Ein beiderseits offener Glascylinder (Fig. 2) wird am unteren Ende durch eine dicht anliegende Glasplatte verschlossen und in Wasser getaucht. Die Platte bleibt fest angedrückt und fällt erst ab, wenn der Cylinder bis (fast genau) zur Höhe des Wasserspiegels mit Wasser gefüllt ist. (Das in den Cylinder gegossene Wasser wird zweckmässig gefärbt).

Der Versuch lehrt, dass auch gegen eine feste horizontale Wand im Innern der Flüssigkeit ein Druck lotrecht nach oben ausgeübt wird. (Aufdruck.) Aus dem Versuch folgt noch:

Der Aufdruck ist gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche die gedrückte Fläche und deren Höhe gleich dem Abstand dieser Fläche vom Wasserspiegel ist. Gleich grosse Flächen in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel erleiden daher einen gleich grossen Aufdruck.

Der Aufdruck ist der Tiefe unter dem Wasserspiegel proportional.

Auch wenn die untere Öffnung des Cylinders nicht geschlossen ist, muss ein aufwärts gerichteter Druck von der eben angegebenen Grösse vorhanden sein, sonst würde das Gewicht der Flüssigkeitssäule im Cylinder nicht getragen werden können.

Was an der Öffnung des Cylinders stattfindet, wird auch in der freien Flüssigkeit seine Geltung behalten. Denken wir uns irgendwo im Innern der Flüssigkeit eine begrenzte horizontale Fläche, so wird diese von unten und oben gleiche und entgegengesetzte Drucke erleiden.

Fig. 3.

Davon, dass in einer Flüssigkeit auch überall ein lotrecht abwärts gerichteter Druck vorhanden ist, können wir uns auch direkt überzeugen:

Versuch 3. Ein Glasrohr ist am unteren Ende zweimal rechtwinklig umgebogen (Fig. 3a). Senkt man es mit verschlossenem oberen Ende in Wasser und giebt dann die obere Öffnung frei, so dringt das Wasser hinein und erfüllt die Röhre wieder bis zum Wasserspiegel. (Gefärbte Flüssigkeit im unteren Ende der Röhre, wie bei dem folgenden Versuch.)

Versuch 4. Ein Glasrohr, das am unteren Ende nur einmal rechtwinklig umgebogen ist (Fig. 3b), zeigt dieselbe Erscheinung wie das Rohr im Versuch 3.

Der Versuch lehrt, dass in einer Flüssigkeit auch ein seitlich gerichteter Druck vorhanden ist, der in der Regel, wie der vorher erkannte Aufdruck, durch einen gleich grossen und entgegengesetzten Druck im Gleichgewicht gehalten wird. Auch dieser Druck nimmt, wie auch der abwärts gerichtete in Versuch 3, mit der Tiefe zu. Auch der seitliche Druck kann durch das Gewicht einer lotrechten Wassersäule von dem Querschnitt des Rohres, deren Höhe bis zum Wasserspiegel reicht, gemessen werden; wie man leicht erkennt, wenn man die Flüssigkeit in dem kurzen, wagerechten Teil des Rohres wie einen verschiebbaren Kolben betrachtet.

Ein kleines Flüssigkeitsteilchen (z. B. von Würfelgestalt) im Innern einer grösseren Flüssigkeitsmasse wird hiernach einem von allen Seiten wirkenden Drucke ausgesetzt sein, der mit der Tiefe zunimmt (Hydrostatischer Druck). Dies kann durch folgenden Versuch veranschaulicht werden:

Fig. 4.

Versuch 5. An das eine Ende einer langen geraden Glasröhre (Fig. 4) ist ein Kautschukbeutel von 3 bis 5 cm Durchmesser mittelst Fischleims befestigt und mit gefärbtem Wasser gefüllt. Senkt man die Röhre in einen hohen Cylinder voll Wasser, so steigt das gefärbte Wasser im Innern der Röhre stets bis zur Höhe des Wasserspiegels. Der Kautschukbeutel wird also um so stärker zusammengedrückt, je tiefer man ihn einsenkt. (Der Versuch ist von Pascal angegeben.)

Der Versuch lehrt noch, dass in einer Flüssigkeit nach jeder beliebigen Richtung hin ein hydrostatischer Druck vorhanden ist (sonst würde der Beutel nicht von allen Seiten gleichmässig zusammengedrückt).

An den Versuch knüpft sich zweckmässig der Hinweis auf die Compression des Wassers durch hohen Druck. Wasser wird in einer Tiefe von 10 m um 5 Hunderttausendstel seines Volumens zusammengedrückt. —

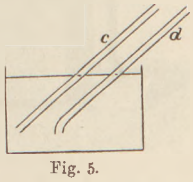


Fig. 5.

Der Versuch 1 wird nun mit einer geringfügigen Änderung, die sich beim Experimentieren von selbst aufdrängt, wiederholt:

Versuch 6. Die Glasröhre wird erst, wie in Versuch 1, senkrecht, dann aber in schräger Stellung (Fig. 5c) bis zu derselben Tiefe in Wasser getaucht. Das Wasser steigt beidemal bis zur Höhe des Wasserspiegels.

Hieraus folgt: Da die untere Öffnung beidemal den gleichen Druck erfährt, so muss auch der Druck der beiden Wassersäulen, obwohl sie ungleich lang sind, gleich gross sein. (Das Bedenken, dass die untere Öffnung nicht beidemal dieselbe Stellung hat, ist unwesentlich; es wird leicht zugegeben werden, dass der Versuch ganz ebenso verliefe, wenn er mit einer zweiten schräg gestellten Röhre d wiederholt würde, deren Ende kurz nach unten umgebogen ist.)

Der scheinbare Widerspruch, der in der gezogenen Folgerung liegt, ist leicht durch die Analogie mit der schiefen Ebene aufzuklären. Die Verallgemeinerung dieses Versuches ist der nächstfolgende:

Versuch 7. Taucht man die vier unten offenen Gefässe A, B, C, D (Stevinschen Gefässe), deren Bodenöffnungen gleich sind, gleich tief in eine mit Wasser gefüllte Wanne (Fig. 6), so steigt das Wasser in allen bis zur Höhe des Wasserspiegels.

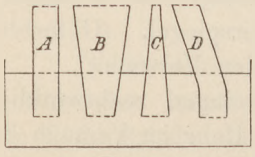


Fig. 6.

Diese selbstverständliche Erscheinung leitet unmittelbar zu dem Pascalschen (Stevinschen) Paradoxon. Denn da an allen vier Bodenöffnungen wegen ihrer gleichen Tiefe unter dem Wasserspiegel der gleiche hydrostatische Druck nach oben herrscht, so müssen auch die Drucke gleich sein, die die verschieden grossen, in den vier Gefässen enthaltenen Wassermassen an der Bodenöffnung in der Richtung lotrecht nach unten ausüben.

Verschliesst man die Bodenöffnung durch je eine Platte und füllt die so geschlossenen Gefässe mit Wasser, so muss der Druck auf die Bodenplatte bei gleicher Höhe der Flüssigkeit in allen vier Gefässen gleich gross sein. Daher das Gesetz:

> Der Bodendruck auf eine wagerechte Fläche ist unabhängig von der Gestalt des Gefässes; er hängt nur ab von der Grösse der Bodenfläche und von der Höhe der Flüssigkeit im Gefäss.

Dieses Gesetz wird durch Versuche am sogenannten Pascalschen Apparat nur bestätigt. (Der ursprüngliche Pascalsche Apparat ist, ebenso wie der von Stevin angegebene, wenig für Demonstrationsversuche geeignet.) Die nachstehend beschriebene Form, von Herrn Ferdinand Ernecke in Berlin angefertigt, hat sich als zweckmässig bewährt.

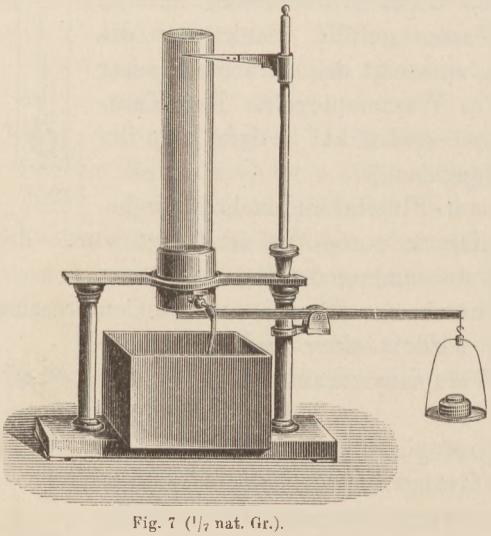


Fig. 7 ($^1/_7$ nat. Gr.).

Versuch 8. Eine gleicharmige Wage (Fig. 7) ist an einem Ende mit einer Wagschale versehen, am anderen trägt sie eine auf eine Stahlspitze beweglich aufgesetzte kreisrunde Messingscheibe mit konisch geschliffenem Rande, die in eine entsprechende Öffnung einer starken Messingplatte so eingepasst ist, dass die Berührung nicht längs der ganzen konischen Fläche, sondern nur in einer Kreislinie erfolgt. Auf die Öffnung können nacheinander die Pascalschen Gefässe (Versuch 7) aufgeschraubt werden. Bei gleicher Belastung der Wagschale lassen sich alle vier Gefässe bis zu derselben Höhe mit Wasser füllen, ehe die Platte sich lockert und das Wasser tropfenweise

durchzusickern beginnt. Beim Verdoppeln der auf die Wage gelegten Gewichtsstücke verdoppelt sich auch die Höhe der Flüssigkeitssäule, die noch getragen wird. Der Vergleich der Belastung mit dem Gewicht der im cylindrischen Gefäss befindlichen Wassermenge liefert das Gesetz des Bodendruckes:

Der Bodendruck auf eine wagerechte Fläche ist gleich dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule, deren Grundfläche die gedrückte Fläche und deren Höhe gleich dem Abstande dieser Fläche vom Flüssigkeitsspiegel ist.

Das Paradoxe der Erscheinung erklärt sich bei dem nach oben erweiterten Gefäss *B* leicht daraus, dass ein Teil des Druckes durch die schräge Seitenwand getragen wird. Bei dem umgebogenen Gefäss *D* ist die Analogie mit der schiefen Ebene (Versuch 6) ausreichend. Zum vollen Verständnis der Erscheinung bei der nach oben sich verengenden Röhre *C* führt der folgende Versuch:

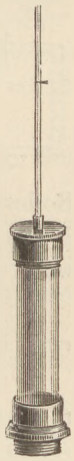


Fig. 8.

Versuch 9. Auf das cylindrische Pascalsche Gefäss *A* wird eine Glasröhre von etwa 1 cm Durchmesser mittelst eines aufschraubbaren, innen mit einem Lederring versehenen Messingdeckels wasserdicht aufgesetzt (Fig. 8). Man bestimmt das Gewicht, das erforderlich ist, um die Bodenplatte festzuhalten, wenn das Gefäss *A* bis an den Rand mit Wasser gefüllt ist. (Bei dem benutzten Apparat war die Höhe von *A* 23 cm, das Gewicht betrug 340 g). Man verdoppelt nun das Gewicht und findet, dass nun in der Glasröhre noch eine Wassersäule von gleicher Höhe (23 cm) aufgefüllt werden kann, dass aber bei geringer Erhöhung der Säule der Druck des Wassers bereits den Gegendruck (680 g) überwindet.

Hieraus folgt, dass eine enge Flüssigkeitssäule *h* von 23 cm Höhe den Druck auf die Bodenplatte um ebensoviel vermehrt, als wenn eine ebenso hohe Flüssigkeitssäule von gleicher Weite wie das Gefäss *A* aufgesetzt wäre.

Ist demnach der Querschnitt der Röhre z. B. 1 qcm, die Bodenfläche aber 20 qcm gross, so pflanzt sich der Druck, den die Säule *h* an der oberen Öffnung des cylindrischen Gefässes ausübt, auf die Bodenfläche in der Art fort, als ob auf jedem qcm der Bodenfläche eine solche Säule *h* lastete. Der Druck der Säule *h* kommt deshalb an der zwanzigmal so grossen Bodenfläche in zwanzigfacher Stärke zur Wirkung.

Wie die Flüssigkeissäule *h* wird auch ein beliebiger schwerer Körper wirken, der an der oberen engen Öffnung des cylindrischen Gefässes auf die Flüssigkeit drückt. In dem besonderen Fall, den Versuch 9 verwirklicht, erkennen wir daher ein allgemeines Gesetz der Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten:

Ein auf ein beliebiges Flächenstück einer Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich durch diese hindurch auf jedes andere gleich grosse Flächenstück der Flüssigkeit oder der Wand mit gleicher Stärke fort.

Wir können nun auch verstehen, warum das Wasser im Gefäss *C* (Versuch 8) denselben Bodendruck ausübt wie in *A*. Bedeuten in Fig. 9 $q_2 \ldots q_{10}$ dünne horizontale Flüssigkeitsschichten an Stellen, deren Querschnitt $^1/_2 \ldots {}^1/_{10}$ der Bodenfläche q beträgt, so kommt der Druck der Wasserschicht q_{10} am Boden verzehnfacht zur Wirkung, also wie der Druck einer Wasserschicht von gleichem Querschnitt mit q, ebenso die Schichten $q_9 \ldots q_2$ verneunfacht bis verzweifacht,

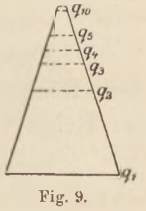


Fig. 9.

und ebenso, wie eine weitere Überlegung zeigt, der Druck aller Schichten, die zwischen je zweien von diesen liegen.

Das eben erkannte Gesetz pflegt auch durch einen bloss gedachten Versuch erläutert zu werden. Man denke sich (Fig. 10) in der oberen Wandung eines mit Wasser gefüllten Gefässes ein Flächenstück (*a*) von 1 qcm beweglich und lasse auf dieses ein Gewicht von 1 kg drücken. Wird nun an einer andern Stelle der Wand eine Öffnung (*b*) von 1 qcm hergestellt, so muss eine auf diese gelegte Platte mit einem Gewicht von 1 kg belastet werden, wenn das Wasser nicht durch den bei *a* ausgeübten Druck herausgetrieben werden soll. Dasselbe wird bei einer beliebigen anderen Stelle (*c*) von gleicher Grösse erforderlich sein. Denkt man nun ein Wandstück von 2 (oder 5) qcm beweglich, so sieht man, dass auf dieses ein Gewicht von 2 (oder 5) kg gesetzt werden müsste, um es an seiner Stelle festzuhalten. Macht man ein Stück der Bodenfläche (*d*) beweglich, so kommt natürlich zu dem Druck von *a* noch der Bodendruck der im Gefäss befindlichen Flüssigkeit hinzu. Für ein Stück der Seitenwand (*e*) kommt das Gesetz des Seitendrucks (Versuch 11) zur Anwendung.

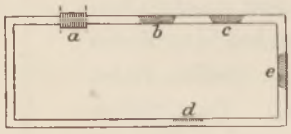


Fig. 10.

Diese Betrachtung bereitet auf das Verständnis der hydraulischen Presse vor, von der ein brauchbares Modell in jeder Sammlung vorhanden sein sollte.

Versuch 10. Bei der hydraulischen Presse ist ein enger mit einem weiten Cylinder durch ein Rohr verbunden, und in jedem der beiden Cylinder ist ein verschiebbarer, dicht schliessender Kolben angebracht. Wird auf den Kolben im engen Cylinder ein Druck ausgeübt, so kommt dieser an der Grundfläche des weiteren Kolbens sovielmal vervielfacht zur Wirkung, als der Querschnitt des engeren in dem des weiteren Cylinders enthalten ist.

Das Auffällige der verstärkten Wirkung verschwindet, wenn man die Produkte von Kraft und Weg auf beiden Seiten vergleicht: Die aufgewendete Arbeit ist gleich der geleisteten. Die goldene Regel der Mechanik ist auch hier gültig. —

Versuch 11 An ein weites, nahe dem Boden mit einem seitlichen Tubulus versehenes Gefäss (Fig. 11) wird ein senkrecht nach oben umgebogenes Rohr angesetzt. Füllt man Wasser in das Gefäss, so steigt das Wasser im Ansatzrohr ebenso hoch wie im Gefäss.

Fig. 11.

Betrachtet man, wie im Versuch 4, die im wagerechten Teil des Rohres befindliche Flüssigkeit als einen verschiebbaren Kolben, so erkennt man, dass der Seitendruck auf die Wandöffnung gemessen werden kann durch den Druck der im Ansatzrohr befindlichen Flüssigkeitssäule. Da der Verlauf des Versuchs unabhängig von der Gestalt des Gefässes ist, so folgt das Gesetz für den Seitendruck:

> Der Druck auf ein beliebig kleines Stück der Seitenwand eines Gefässes ist gleich dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule, deren Grundfläche die gedrückte Fläche und deren Höhe der (mittlere) Abstand dieser Fläche vom Flüssigkeitsspiegel ist.

(Demonstration des Seitendrucks durch das Ausströmen aus seitlichen Öffnungen, Rückstoss, Segnersches Wasserrad). — Der eben benutzte Apparat ist bereits ein Beispiel von communizierenden Gefässen:

Versuch 12. Ein weiteres und ein engeres Rohr werden durch einen Schlauch verbunden und mit Wasser gefüllt. Beim Heben und Senken der Röhren gegen einander bleiben die Flüssigkeiten stets in gleicher Höhe. Daraus folgt das Gesetz der communizierenden Gefässe:

In communizierenden Gefässen liegen die Flüssigkeitsoberflächen stets in einer horizontalen Ebene.

Das Gesetz lässt sich aus dem Gesetz des Boden- und Seitendruckes ableiten, wenn man den beiderseitigen Druck auf einen beliebigen Querschnitt des Verbindungskanals (am zweckmässigsten an der tiefsten Stelle desselben) betrachtet.

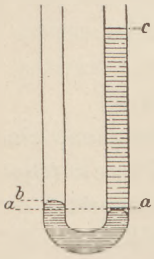


Fig. 12.

Nach Stevin kann man auch folgende Betrachtung anwenden: Man kann innerhalb einer im Gleichgewicht befindlichen Flüssigkeit einen beliebigen Teil erstarrt denken, ohne dass das Gleichgewicht gestört wird. Denkt man nur einen Kanal von einer Stelle der Flüssigkeitsoberfläche bis zu einer beliebigen anderen flüssig bleibend, so erhält man die Erscheinung der communizierenden Gefässe.

(Demonstrationsversuch zum Springbrunnen. Erklärung der artesischen Brunnen).

Versuch 13. In ein Uförmiges Rohr (Fig. 12) wird Quecksilber und auf dieses in einem Schenkel Wasser gegossen. Die Quecksilbersäule AB hält der Wassersäule AC das Gleichgewicht, wenn die Höhen sich wie 1 : 13,6 verhalten. Dies lässt sich in dem Gesetz aussprechen:

Die Höhen verschieden schwerer Flüssigkeiten in communizierenden Gefässen verhalten sich umgekehrt wie ihre spezifischen Gewichte.

Versuch 14. Ein Stück Marmor wird an der hydrostatischen Wage ins Gleichgewicht gebracht, dann in Wasser eingetaucht und der Gewichtsverlust bestimmt. Darauf wird das Volumen des Marmorstückes beziehungsweise das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers in einem Messcylinder oder genauer in einem Gefässe mit seitlichem Ausflussrohr (*d. Zeitschr. IV 257* und *139*) ermittelt. Hieraus ergiebt sich unmittelbar das archimedische Prinzip:

Ein ganz in Wasser eingetauchter Körper erleidet einen (scheinbaren) Gewichtsverlust, der gleich ist dem Gewichte des von ihm verdrängten Wassers.

Zur Erklärung genügt die Überlegung, dass eine an Stelle des eingetauchten Körpers befindliche Wassermasse von gleicher Gestalt durch das umgebende Wasser getragen wird, dass also auch von dem Gewicht des eingetauchten Körpers ein ebenso grosser Betrag durch die Flüssigkeit selbst getragen werden wird. (Auftrieb.) — Erläuterungsversuch mit dem Hohl- und Vollcylinder.

Versuch 15. Ein mit Wasser gefülltes Becherglas wird auf einer Wage ins Gleichgewicht gebracht und darauf das an einem Stativ hängende Marmorstück (dasselbe wie in Versuch 14) in das Wasser getaucht. Die Zunahme des Gewichtes ist gleich dem Gewichtsverlust des Marmorstückes. (Versuch von Stevin, vergl. auch Weinhold, Vorschule, Fig. 138.) Erklärung durch die Vermehrung des Bodendruckes.

Versuch 16. Ein Hohlkörper aus Messing (*d. Zeitschr. IV 257*) wird zusammen mit einem Becherglase auf einer gewöhnlichen Wage durch Schrot tariert. Darauf nimmt man ihn von der Wage und bringt ihn in ein Gefäss mit seitlichem Ausflussrohr, das bis zur Ausflussöffnung mit Wasser gefüllt ist. Das verdrängte Wasser fängt man in dem vorher erwähnten Becherglase auf und stellt dann das letztere samt dem darin enthaltenen Wasser wieder auf die Wage. Es tritt dann bei derselben Tara wie vorher Gleichgewicht ein. Das verdrängte Wasser hat also dasselbe Gewicht wie der eingetauchte Körper. Hieraus folgt:

Ein schwimmender Körper sinkt so tief ein, dass das Gewicht des verdrängten Wassers gleich dem ganzen Gewichte des Körpers ist.

Daran schliessen sich endlich die Sätze über das Schwimmen, die Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes und die Aräometer.

Über Töne beim Zusammenwirken zweier Gasflammen.

Von

Prof. **W. Holtz** in Greifswald.

Töne, welche beim Zusammenwirken zweier Gasflammen entstehen, sind zuerst von Kundt (*Pogg. Ann. 128 S. 614*), dann ausführlicher von Noack (*Gymnasialprogramm, Worms 1882 und Wied. Ann. 19, 914*) untersucht. Die erste der beiden letztgenannten Arbeiten habe ich übrigens nur im Referat (*Beibl. 1882, 591*) gesehen. Hier soll die Erscheinung mehr als Vorlesungsexperiment behandelt und nur soweit besprochen werden, als man sie bei gewöhnlichem Gasdrucke erhält. Dabei mögen aber interessantere Momente und solche, welche ich für neu halte, spezieller erörtert werden.

Ob Töne entstehen, hängt vom Gasdruck, der Neigung der Flammen zu einander, der Centralität des Zusammenstosses, dem Abstand der Brenner und ihren Öffnungen ab. Die hier mitwirkenden Faktoren sind also sehr zahlreich; von ihnen hängt natürlich auch die Tonhöhe, ihre Constanz und der Klang der Töne ab. Die absolute Richtung der Flammen ist nicht so wesentlich, doch ist es am zweckmässigsten, wenn beide gleich geneigt zum Horizont in derselben vertikalen Ebene brennen. Noack wandte für diese Lage einen Apparat an, welcher für eine exakte Untersuchung nach gewisser Richtung wohl sehr zweckmässig war, bei dem sich jedoch die Neigung der Flammen zu einander und die Centralität des Zusammenstosses weniger variieren lässt. Dies scheint mir aber für Vorlesungszwecke gerade erwünscht und so beschreibe ich denn einen anderen, welcher noch den Vorteil hat, dass Jeder ihn leicht, mit Ausnahme der Brenner vielleicht, aus vorhandenen Stücken zusammenstellen kann. Er ist einfacher als der von Schwalbe und Lüpke in dieser Zeitschrift (*III 218*) für denselben Zweck vorgeschlagene, der sonst eine gleiche Freiheit der Bewegungen ermöglicht.

Als Brenner fungiert je eine Messingröhre von 10 cm Länge und 10 mm Weite, auf welcher ein Hütchen steckt, das eine Endplatte und in dieser eine feine Öffnung hat (Fig. 1). Es ist konisch aufgesetzt, damit es leicht abnehmbar sei; die Endplatte ist nicht angelötet, sondern gut eingepasst. Will man die Öffnungen nicht variieren, so kann das Hütchen auch fehlen, wenn die Endplatte gleich in die Röhre eingepasst wird. Dann wähle man aber eine Öffnung von circa 0,9 mm Weite, welche für den gewöhnlichen Gasdruck am günstigsten ist. Will man variieren, so empfehle ich drei Paar solcher Hütchen, welche der Reihe nach Öffnungen von 0,7, von 1,1 und von 1,5 mm Weite haben.

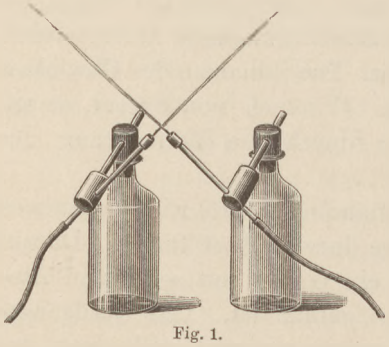


Fig. 1.

Als Träger der Brenner fungieren zunächst zwei Medizinflaschen; man suche sie möglichst weit aus, damit sie stabiler sind; man kann sie auch zur

Hälfte noch mit Sand füllen und die Bodenfläche durch angeklebte Papierstücke egalisieren, damit sie fester stehen. Auf ihren Hälsen aufsitzend und zur Hälfte in diese eingepasst stecken zwei Korke, welche eine horizontale Durchbohrung haben. In letzterer sitzt je eine Röhre von der Weite der Brenner und auf dieser ein zur Hälfte in axialer Richtung durchbohrter Kork. Diese Korke tragen endlich die Brenner selbst in Löchern, welche senkrecht zur ersten Durchbohrung stehen. Natürlich muss alles fest sitzen und nicht wackeln und die Durchbohrungen müssen winkelrecht ausgeführt sein.

Man kann so den Flammen, welche in vertikaler Ebene brennen, durch Drehung der Endkorke jeden beliebigen Neigungswinkel geben, dabei aber zugleich durch Verschiebung einer Flasche den Abstand des Kreuzungspunktes von den Öffnungen bestimmen, endlich auch durch Verschiebung oder Drehung die Flammen mehr oder weniger central auf einander stossen lassen. Nur kann man nicht, wie Noack, bei constantem Neigungswinkel, wenn der Abstand für die eine Flamme derselbe bleibt, den andern variieren. Wollte man dies, so müsste man die Brenner gleich durch die Flaschenkorke stecken, wobei die Flammen aber in horizontaler Ebene brennen, was, wie gesagt, nicht so günstig ist.

Will man den Versuch anstellen, so verbinde man die freien Enden der Brenner durch weiche Kautschuckschläuche mit je einem Gasleitungshahn; benutzt man nur einen solchen und eine T-Röhre, so schwächt man den Gasdruck und kann die Flammen nicht unabhängig von einander regulieren. Brennen beide bei ganz offenen Hähnen gleich lang und ruhig, so braucht nichts weiter geändert zu werden; sonst reguliere man, bis sie sich so zeigen, da man am besten mit Gleichheit des Druckes beginnt. Auch stelle man die Brenner zunächst so, dass sie bei gleicher Neigung zum Horizont einen Winkel von 90° mit einander bilden und bringe sie in dieselbe vertikale Ebene und so nah, dass sie 1 cm von einander stehen.

Man hört dann Töne, welche im allgemeinen sehr hoch sind, dabei aber beständig in ihrer Höhe variieren. Der Grund ist, dass die Centralität des Zusammenstosses und der Abstand des Kreuzungspunktes von den Öffnungen die Tonhöhe mitbedingen, durch die Luftbewegung aber beständig etwas geändert werden, so dass die Töne auch constanter sind, wenn der Experimentator sich weiter entfernt. Dass der erstere Faktor mitwirkt, zeigt sich deutlich, wenn man die eine Flasche ein wenig verschiebt oder um ihre Axe dreht, man hört dann, dass die Töne allmählich tiefer werden, wenn sich das Flammenbild weniger senkrecht zur Brennerebene stellt. Dass der letztere Faktor sehr wesentlich über die Tonhöhe entscheidet, erkennt man, wenn man den Abstand der Brenner auch nur wenig variiert. Ausser dem gewöhnlichen mehr stetigen Wechsel der Tonhöhe giebt es aber auch einen sprungweisen, der sich auf mehrere Oktaven erstrecken kann. Dieser tritt häufiger ein, wenn der Kreuzungspunkt genau symmetrisch liegt, obwohl die Schwankung dann ihrer Grösse nach am kleinsten ist. Bei solcher Schwankung verändert sich allemal die Flamme merklich, und wir sehen auch zum Teil die Ursache ein, wenn wir dieselbe näher betrachten.

Das Flammenbild erscheint aus der Brennerebene gesehen gewöhnlich dreizackig, wenn alles symmetrisch geordnet ist, die Mittelspitze höher als die andern, unten dunkler, nach oben allmählich heller gefärbt (Fig. 2). Am dunkelsten erscheint die Kreuzungsstelle, aber hier treten aus der gekräuselten Fläche doch einige hellere Punkte hervor und, zumal bei hohen Tönen, ein bogenförmiges Flämmchen,

das sich in dem Maasse weiter heraushebt, als der Ton höher wird. Dieses halte ich für den eigentlichen Tonerzeuger, während die Zacken wohl nur mitschwingen und somit den Klang modifizieren, vielleicht auch die Höhe, wie bei Zungenpfeifen der Schallbecher, während die beiden Flammenfüsse scheinbar ganz unbeteiligt sind. Macht nun die Tonhöhe einen Sprung, so gewahrt man, dass das Flämmchen an die andere Seite der Flamme tritt, womit sich zugleich die beiden kürzeren Zacken mit ihren Spitzen nach derselben Seite neigen. Erscheint es hier eben so deutlich, so war der Sprung nur klein; das ist dann, wenn die Flammen bis zum Kreuzungspunkt fast dieselbe Länge haben. Tritt es hier stärker hervor oder schwächer, so war der Sprung grösser; das ist dann, wenn die Flammen bis zum Kreuzungspunkt verschiedene Längen haben. Tritt es stärker hervor, so hat sich die Tonhöhe gehoben, tritt es schwächer hervor, so hat sich die Tonhöhe gesenkt.

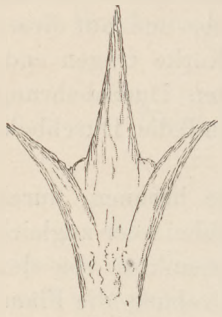


Fig. 2.

Hiernach meine ich, dass sich die Flammen nicht gegenseitig durchdringen, sondern dass zur Zeit immer nur eine durch die andere dringt, und dass die durchdringende tönt, dass sich die andere aber sonst ähnlich wie eine Membrane verhält, durch welche ein Luftstrom dringt. Ist alles genau symmetrisch und auch der Druck genau gleich, so kann nur die Luftbewegung entscheiden, ob diese oder die andere tönt. Sonst wird allgemein diejenige die durchdringende sein, welche im Kreuzungspunkt die grössere Geschwindigkeit hat, und je grösser diese, um so höher muss der Ton sein. Mit Hilfe der Luftbewegung kann aber zeitweise auch die andere tönen, doch gemäss ihrer geringeren Geschwindigkeit mit tieferem Ton.

Wie sehr die Tonhöhe von der Geschwindigkeit abhängt, zeigt sich leicht, wenn man die Schläuche oder nur einen etwas zusammenpresst, am besten den auf dem Tische liegenden Teil, oder wenn man einen der Hähne oder beide etwas öffnet oder schliesst. Man möchte nach obigem meinen, dass dies nur die eine tangieren könne, nämlich diejenige Flamme, welche gerade die tönende ist, aber auch die durchbrochene muss, wenn sie schneller fliesst, den Ton erhöhen, indem sie einer stärker gespannten Membrane ähnlich den Durchbruch erschwert.

Rückt man die Brenner einander näher, so werden die Töne immer höher, weil die Geschwindigkeit im Kreuzungspunkte grösser wird, aber sie werden auch constanter, weil eine Luftbewegung das schneller fliessende Gas weniger aus seiner Richtung treiben kann. Das Umgekehrte resultiert, wenn man sie weiter von einander rückt, aber bei grösserem Abstande hören zuletzt die Töne auf, bei 0,9 mm weiter Öffnung schon bei 3 cm Abstand, allgemein um so eher, je feiner die Öffnung ist. Bei höheren Drucken, also bei grösserer Constanz der Töne, hat Noack die interessante Thatsache entdeckt, dass wenn man nur die eine Flamme bis zum Kreuzungspunkt allmählich länger macht, der Ton anfangs tiefer, nachher aber wieder höher wird. Hierbei gedenkt er auch eines kleinen leuchtenden Grates, welcher zur Zeit des Umschlages von der einen auf die andere Seite springe, und meint, dass die Flammen ihre Rollen vertauschen, dass aber die Flammenlängen bis zum Kreuzungspunkt über die Tonhöhe entscheiden. Da ich überhaupt aber an den Flammenfüssen kein Vibrieren sehe, so glaube ich, wie schon oben bemerkt, dass sie den Ton nicht modifizieren können, dass bei jener Thatsache vielmehr auch gewisse Vorgänge an der Kreuzungsstelle allein die Erscheinung bedingen.

Was den Neigungswinkel betrifft, so dürfte ein solcher von 90° für die Tonerzeugung im allgemeinen am günstigsten sein. Macht man ihn kleiner, so werden die Töne schwächer und unreiner, und bei 45° treten bei feineren Öffnungen überhaupt keine Töne mehr auf. Macht man ihn grösser, so hat dies doch einen gewissen Vorteil; man kann nämlich die Brenner viel weiter auseinander rücken, bevor das Tönen erlischt. So stellten sich bei einem Abstand von 12 cm, als der Neigungswinkel 135° betrug, noch deutliche Töne ein. Solche sind dann im Ganzen sehr tief und sanft, schwanken aber sehr in der Höhe und hören zeitweise sekundenlang auf. Letzteres findet gewöhnlich statt, wenn die Flamme sich scheibenförmig gestaltet und scheinbar genau senkrecht zur Brennerebene steht. Kundt meint, es entständen keine Töne, wenn die Gasströme genau gleich und genau aufeinander gerichtet wären. Hiermit stimmt das eben Gesagte, aber es ist eine Ausnahme, ich habe diese Ansicht sonst nirgend bestätigt gefunden. Sie mag ja richtig sein in der Theorie, nur dass in der Praxis jene Bedingungen mathematisch genau gar nicht erfüllbar sind, schon der Luftbewegung halber, oder nur momentan, so dass sich der Effekt der Beobachtung entzieht. Es wäre eine Art labilen Gleichgewichts, das experimentell bekanntlich nicht ausführbar ist.

Bei grösseren Neigungswinkeln z. B. solchen von 120—140° tritt neben der Tonerzeugung noch eine eigenartige Lichterscheinung auf. Ich habe sie schon früher einmal (*Wied. Ann. 12 S. 661*) besprochen, aber sie ist so hübsch, dass ich bei dieser Gelegenheit noch einmal an dieselbe erinnern will. Ich sagte eben, dass der Ton zeitweise aussetzt, wenn sich die Flamme in Scheibenform senkrecht zur Brennerebene stellt. Ändert man dann wenig, oder lässt die Luftbewegung solches bewirken, so schlägt die untere Hälfte bei sanften Tönen in eine aus glühenden Kohlenteilchen gebildete Spirale um (Fig. 3). Diese erscheint halbmondförmig, besteht aber meist aus zwei am Kreuzungspunkte beginnenden Teilen, die sich allmählich verengen und oben in feine Spitzen enden. Bei sehr symmetrischer Einstellung erscheint sie bald rechts bald links von der Scheibe, sonst mehr nur an einer Seite und bleibt dann länger constant. Ich habe sie, wenn auch mehr oder weniger modifiziert, bei sehr verschiedenen Abständen der Brenner gewinnen können.

Fig. 3.

Betreffs der Brenneröffnungen kann ich, immer unter Annahme des gewöhnlichen Gasdruckes, die folgenden Einzelheiten geben. Mit 0,2 mm weiten erhält man noch keine Töne, mit 0,4 mm weiten Töne, welche rein aber nur schwach erklingen. Mit 0,75 mm weiten erhält man ziemlich reine und starke Töne, auch bei centralem Zusammenstosse, weil die Flammen noch kein Brausen zeigen. Bei 1 mm Weite muss man es schon so einrichten, dass sich das Flammenbild nicht senkrecht zur Brennerebene stellt, wenn man reine Töne hören will. Hier zeigt sich dann öfter, bei feineren Öffnungen seltener, dass gleichzeitig, wenn auch nur für kurze Zeit, mehrere Töne erklingen. Man sieht dann auch wohl aus der gekräuselten Fläche sich gleichzeitig mehrere bogenförmige Flämmchen erheben. Bei 1,2 mm Weite brausen die Flammen noch eher, so dass man sie noch weniger central stellen muss, wenn man reinere Töne haben will. Bei 1,5 mm Weite muss man hierin noch weiter gehen, so dass das Flammenbild am besten 45° mit der Ebene der Brenner macht. Man kann das Brausen zwar beschränken, wenn man den Gasfluss mässigt, aber die Töne werden dann doch nicht so schön, als sie bei engeren Öffnungen sind. Bei grösseren Öffnungen kann man andererseits die

Brenner viel weiter von einander rücken, bevor das Tönen erlischt. Bei 1,5 mm Weite zeigt jede Flamme schon für sich Neigung zum Brausen, so dass man sie als sogenannte empfindliche Flamme gebrauchen kann.

Weitere Versuche haben gezeigt, dass es keinen wesentlichen Unterschied macht, ob die Endplatten dicker oder dünner und ob die Brenner cylindrisch oder zugespitzt sind. Man könnte auch ausgezogene Glasröhren verwenden, wenn ihre Öffnungen sich länger constant erhalten würden.

Da der Gasdruck der Städte variirt, so wird man hier und da einige Abweichungen finden von dem, was ich angegeben habe, daneben aber noch manches Interessante, das ich nicht aufgeführt, um nicht zu weitschweifig zu werden.

Versuche über Verbrennung.

Von

Dr. **R. Lüpke** in Berlin.

Obwohl über das Kapitel der Verbrennung eine grosse Zahl instruktiver Versuche bekannt ist, möchte ich denselben noch einige hinzufügen, die sich mit einfachen Mitteln sicher und in kurzer Zeit ausführen lassen. Sie sollen nicht blos die Erscheinungen zeigen, welche der Verbrennungsvorgang als solcher hervorruft, sondern vor allem den Verbrauch von Sauerstoff darthun und gleichzeitig gewisse Eigenschaften der Verbrennungsprodukte erläutern. Es wird zu diesen Versuchen ein kugelförmiger, starkwandiger Kolben von 750 ccm Inhalt benutzt, der zwei diametral entgegengesetzte Tuben von 2 cm lichter Weite trägt, von denen der obere AB 4 cm, der untere CD 10 cm lang ist (Fig. 1).

1. Ein Batterieglas von 10 cm Durchmesser und 15 cm Höhe wird fast ganz mit Wasser gefüllt, welches mit Lackmuslösung blau gefärbt ist. Auf den Rand desselben wird, wie Fig. 1 zeigt, der Verbrennungskolben gestellt, und dieser in folgender Weise mit Sauerstoff gefüllt. Den oberen Tubus des Kolbens verschliesst man mit einem Pfropfen, dessen Durchbohrung ein kurzes, rechtwinklig gebogenes Glasrohr enthält, befestigt an dem freien Schenkel desselben einen Kautschukschlauch, saugt an diesem das Wasser in die Höhe und verdrängt es durch Sauerstoff, indem man den Schlauch mit einem Gasometer verbindet. Nun ersetzt man den Pfropfen durch einen anderen, in dessen Durchbohrung der eingefettete Stab eines Verbrennungslöffels steckt. In dem Schälchen desselben befindet sich Schwefel, der angezündet ist. Wegen der geringen Wärmeentwicklung (Bildungswärme des Schwefeldioxyds $(S, O_2) = 71070$ cal.) dehnt sich der Sauerstoff so wenig aus, dass aus dem unteren Tubus keine Gasblasen entweichen. Vielmehr fängt das Wasser sehr bald an, in den Kolben emporzusteigen. Sobald die Verbrennung infolge der Ansammlung des Schwefeldioxyds nachlässt, zieht man den Stab des Löffels etwas in die Höhe und bewegt, um die Lösung des Schwefeldioxyds zu befördern, den Kolben langsam im Kreise herum, ohne das Schälchen des Löffels zu benetzen. Die Schwefelflamme wird sodann wieder intensiver, und verringert sie sich von neuem, so wiederholt man jene Manipulationen. Schliesslich enthält fast der ganze Kolben Wasser, welches nunmehr rot gefärbt erscheint. Der Versuch zeigt also nicht blos, dass der Schwefel in reinem Sauerstoff intensiver verbrennt als in der Luft, sondern auch dass durch den Verbrennungsvorgang Sauerstoff verbraucht

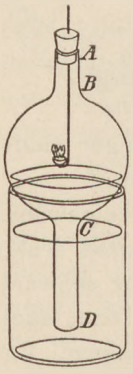


Fig. 1.

wird, ferner dass sich dieser mit dem Schwefel zu einer gasförmigen Verbindung vereinigt, die vom Wasser leicht absorbiert wird und mit demselben eine Säure bildet, und er lässt schliesslich das allgemeine Gesetz erkennen, dass eine chemische Reaktion sich um so mehr verlangsamt, je mehr sich die Reaktionsprodukte ansammeln, dass sie aber wieder beschleunigt werden kann, wenn letztere beseitigt werden.

Zur Verbrennung des Phosphors ist der Kolben nicht anwendbar, da der Sauerstoff bei der Einführung des brennenden Phosphors wegen der hohen Bildungswärme des Phosphorpentoxydes $(P_2, O_5) = 356310$ cal. aus dem unteren Tubus des Kolbens teilweise herausgeschleudert wird. Dagegen lässt sich der Sauerstoffverbrauch bei der Verbrennung des Phosphors in der Luft durch den bekannten Versuch unter der Glocke leicht nachweisen, und nach dem Erlöschen der Flamme kann man die Verbrennung von neuem hervorrufen, wenn man durch den Tubus der Glocke aus einem Gasometer Sauerstoff wieder zuführt. Doch muss man, um eine Explosion zu vermeiden, die Menge des letzteren beschränken.

Auch die Bildungswärme des Natriumoxydes $(Na_2, O) = 100200$ cal. ist zu gross, als dass sich der Kolben zur Verbrennung des Natriums benutzen liesse.

2. Die Verringerung des Gasvolumens bei der unter Glüherscheinung in reinem Sauerstoff erfolgenden Verbrennung des Eisenpulvers hat Landolt (*diese Zeitschrift Jahrgang I, S. 250*) durch einen ausgezeichneten Versuch demonstriert. Mittelst des doppelt tubulierten Kolbens kann man die Bindung des Sauerstoffs auch beim Rosten des Eisens an der Luft in verhältnismässig kurzer Zeit nachweisen, wenn diejenigen Bedingungen innegehalten werden, welche für diesen Prozess am günstigsten sind. Das Rosten des Eisens besteht nicht in der direkten Oxydation. Der Vorgang ist komplizierter, wie C. Brown durch Versuche, über welche N. v. Klobukow (*Prometheus Band 1, S. 420*) kurz berichtet, gezeigt hat. Drei Faktoren müssen gleichzeitig auf das Eisen einwirken: Sauerstoff, Kohlensäure und flüssiges Wasser, und das Rosten würde dann in folgenden drei Phasen erfolgen. Zunächst bildet sich Ferrocarbonat:

$$1) \qquad Fe + CO_2, H_2O = Fe\,CO_3 + H_2,$$

dieses wird in lösliches Ferrobicarbonat verwandelt:

$$2) \qquad Fe\,CO_3 + CO_2, H_2O = Fe\,H_2\,(CO_3)_2,$$

und aus letzterem entsteht schliesslich unter Freiwerden von Kohlensäure Ferrihydroxyd, der Rost:

$$3) \qquad 2\,Fe\,H_2\,(CO_3)_2 + H_2O + O = Fe_2\,(OH)_6 + 4\,CO_2.$$

Die Kohlensäure spielt also eine vermittelnde Rolle, indem sie dasjenige Ferrosalz bildet, welches der Sauerstoff leicht in Rost überführt. Hierbei wird sie wieder entbunden, löst sich in Wasser und wirkt von neuem auf das Eisen ein. Es genügt daher der geringe Kohlensäuregehalt der Luft, um das Eisen mit dem Sauerstoff und den Elementen des an dem Metall condensierten Wassers chemisch zu vereinigen. Der nach Gleichung 1) freiwerdende Wasserstoff verbindet sich wahrscheinlich im Entstehungszustand mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak, das sich in Form von Carbonat in dem Rost absetzt und sich durch Erhitzen desselben mit Kalilauge thatsächlich nachweisen lässt. Da sich nun bei einem Versuch im kleinen durch den Uebergang flüssiger Faktoren in feste Produkte das Volumen nur minimal ändern kann, so ist eine zu beobachtende Verringerung des Gesamtvolumens der Bindung des Sauerstoffs, und wenn die Ansicht über die Bildung des Ammonium-

carbonates richtig ist, auch noch derjenigen des Stickstoffs zuzuschreiben, und zwar würden fast gleiche Volumina von beiden aus der Luft entnommen werden müssen, wie sich leicht ergiebt, wenn man jene drei Gleichungen in eine einzige zusammenzieht und die Ammoniakbildung berücksichtigt:

$$6\,Fe + 15\,H_2O + 12\,CO_2 + 3\,O + 4\,N = 3\,Fe_2(OH)_6 + 12\,CO_2 + 4\,NH_3.$$

Für den Versuch genügt ein doppelt tubulierter Kolben von geringeren Dimensionen. Ich benutze einen Scheidetrichter A (Fig. 2), dessen Kugel 300 ccm Inhalt hat. Der Hahn ist in der Figur weggelassen. 10 g sehr dünnen, blanken Eisendrahtes, wie ihn der Gärtner zum Befestigen der Blumen gebraucht, werden auf einem Glasstab in doppelter Lage zu einer 1 cm weiten Spirale mit engen Windungen gedreht. Diese wird in etwa 8 cm lange Stücke zerschnitten, die, nachdem sie mit Alkohol und Aether sorgfältig entfettet sind, in die Kugel gebracht werden. Die Röhre derselben befestigt man mittelst des Korkes B in dem Tubus D der umgekehrten, von einem Stativ getragenen Glocke C, die ungefähr 5 l enthält. Die Kugel A wird nun mit Brunnenwasser, in welches längere Zeit Kohlensäure eingeleitet ist, gefüllt. Nach einigen Minuten wird das Wasser wieder abgelassen. Hierauf wird bis an den Tubus E des Scheidetrichters in die Glocke Wasser gegossen, dessen Temperatur, wie durch das Thermometer F festzustellen ist, gleich der der Luft (20°) sein muss. So bewirkt man, dass die Temperatur der Luft in A der der äusseren Luft gleich ist und für die Dauer des Versuchs constant erhalten wird. Denn geringe Temperaturschwankungen würden das Resultat des Versuchs beeinträchtigen resp. unsicher machen. In die Röhre der Kugel A wird hierauf ein aus einem Barometerrohr gebogenes Manometer M, in dessen Schenkel eine bis zum Nullpunkt der Skala reichende Indigolösung gebracht ist, hineingeschoben, und die Verbindung mittelst eines festzubindenden Schlauchstückes luftdicht hergestellt. Dreht man schliesslich den Glasstöpsel langsam in den Tubus E der Kugel A, so dass die Flüssigkeit in den Schenkeln des Manometers nahezu in gleicher Höhe bleibt, so ist der Versuch vorbereitet. Schon nach 15 Minuten zeigen sich die Rostflecke, besonders an denjenigen Stellen des Drahtes, welche der nassen Wandung der Kugel anliegen. Aber bald erscheinen sie auch zwischen den Windungen der Spiralen, die eng genug sein müssen, um Wassertropfen festzuhalten. Gleichzeitig beobachtet man ein Steigen der Indigolösung in dem verbundenen Manometerschenkel. Nach 30 Minuten steht sie in demselben 1,7 cm über dem Nullpunkt und steigt in demselben Zeitraum um je 1,6 cm, so dass nach einer Stunde die Niveaudifferenz 6,6 cm und nach 2 Stunden 13 cm beträgt. Da das benutzte Manometerrohr so weit ist, dass es auf eine Länge von 100 cm 2,7 ccm Flüssigkeit fasst, so entspricht dem Steigen der Indigolösung um 6,5 cm ein Gasverbrauch von 0,18 ccm.

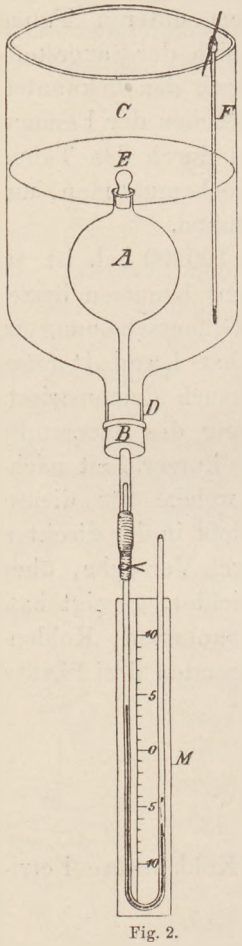


Fig. 2.

3. Zum Nachweis des Sauerstoffverbrauchs bei der Oxydation eines Metalls eignet sich besonders das Magnesium, wie schon Fr. C. G. Müller

(*diese Zeitschrift IV 256*) gezeigt hat. 1 m Magnesiumband reinige man sorgfältig mit Smirgelpapier, wickele es zu einer 15 cm langen Spirale auf einen Glasstab und ziehe denselben mehrere Male durch die Flamme, um die Elastizität des Metalles zu verringern. Alsdann stecke man durch die Axe der Spirale eine Stricknadel *S* (Fig. 3) und binde an dieselbe das obere Ende der Spirale mit dünnem Eisendraht fest. Die Stricknadel wird in einen Kork gedrückt, der auf eine in fünf gleiche Teile geteilte Flasche von 1500 ccm Inhalt passt und in seiner Durchbohrung noch einen Glashahn trägt. Zündet man nun die Spirale am unteren Ende an, senkt sie schnell in die Flasche und dreht den Kork bei geschlossenem Hahn fest auf, so brennt sie in wenigen Sekunden fast vollständig ab, wofern die Flasche gut getrocknet war. Andernfalls würde die Flamme, nachdem kaum ein Drittel des Bandes verbrannt ist, erlöschen, weil sich Wasserdampf an den oberen Teilen des Metalls condensiert. Nach dem Abkühlen der Flasche vernimmt man beim Öffnen des Hahnes ein zischendes Geräusch, welches von der eindringenden Luft herrührt, und hat man den Apparat vor der Verbrennung gewogen, so lässt sich nach dem Versuch eine Gewichtszunahme von ungefähr 0,5 g feststellen. Öffnet man aber den Hahn unter Wasser, so stürzt es in die Flasche hinein, und wenn man durch Schütteln das weisse Oxyd von den Wandungen der Flasche abspült, so zeigt sich ein Fünftel ihres Inhalts mit der milchig getrübten Flüssigkeit erfüllt.

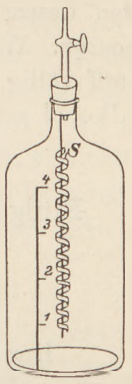


Fig. 3.

4. Mittelst des zweifach tubulierten Kolbens lässt sich ferner leicht nachweisen, dass bei der Verbrennung von Schwefel oder Kohle die Verbrennungsprodukte denselben Raum einnehmen als diejenige Menge Sauerstoff, die an dem Prozess teil genommen hat. Man versehe den unteren Tubus des Kolbens mit einem 6 mm weiten Manometerrohr, dessen Schenkel etwa 30 cm lang und zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt sind (Fig. 4). Um den Versuch mit dem Schwefel auszuführen, leite man, bis die Luft verdrängt ist, in den Kolben gut getrockneten Sauerstoff; ein geringer Wassergehalt des letzteren würde ein merkliches Quantum Schwefeldioxyd absorbieren und so das Versuchsresultat beeinträchtigen. Ferner ist es ratsam, die Schwefelflamme dadurch zu mässigen, dass man in den im Löffel geschmolzenen Schwefel ein Stück ausgeglühten Bimstein bringt. Unter diesen Umständen steigt das Quecksilber im freien Schenkel des Manometers während der Verbrennung nur 5 bis 6 cm und kommt nach der Abkühlung des Kolbens nahezu wieder in die Gleichgewichtslage. — Die Verbrennung eines in dem Schälchen des Löffels mit Gips befestigten Holzkohlenkonus darf wegen der lebhaften Wärmeentwickelung nicht in reinem Sauerstoff vorgenommen werden. Dagegen gelingt der Versuch sehr gut, wenn man nicht mehr als 300 ccm Sauerstoff in den Kolben einführt. Trotz des noch vorhandenen Stickstoffs, der das Ergebnis des Versuchs keineswegs stört, glimmt die Kohle lange genug mit Rotglut. Man erreicht also mit diesem einfachen Apparat dasselbe als mit dem Hofmannschen U-Rohr, in dessen Kugel Schwefel oder Kohle auf elektrischem Wege entzündet werden.

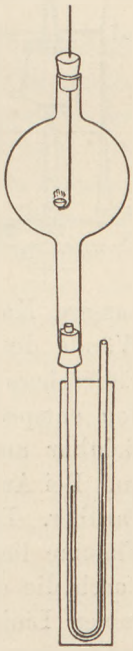


Fig. 4.

Diesen Versuchen möge an dieser Stelle noch ein anderer angeschlossen werden, der einerseits die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit des Kupfers und

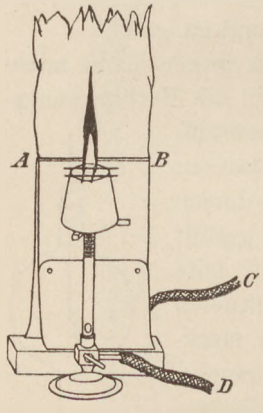
Porzellans, andererseits demonstrieren soll, dass eine Flamme erlischt, wenn sie unter die Entzündungstemperatur des Brennstoffs abgekühlt wird. Einige Kubikcentimeter Amylalkohol werden in einem Reagensglas zum Sieden erhitzt, der Dampf wird entzündet, und die brennende Flüssigkeit zur einen Hälfte auf einen flachen, aus 2 mm dickem Kupferblech gefertigten Teller, der 25 cm lang und ebenso breit, und dessen Rand 1 cm hoch ist, zur anderen Hälfte in eine Porzellanschale gegossen. Während die Flamme auf jenem sehr bald erlischt, ohne dass der Brennstoff völlig verzehrt ist, fährt sie in der Schale fort zu brennen. Mit gewöhnlichem Alkohol gelingt der Versuch nicht.

Einige Versuche über Lichtabsorption mittelst des Heintzschen Lampenofens.

Von

Dr. **R. Lüpke** in Berlin.

Der Heintzsche Lampenofen ist ein Bunsenscher Brenner in veränderter Form [1]). Er besteht aus einem schmalen, 10 cm langen Brenner, aus dessen zahlreichen, in einer Reihe befindlichen Öffnungen das durch den Schlauch *C* (Figur) zugeführte Leuchtgas ausströmt, und einem den Brenner verdeckenden Blechkasten



von der Form eines dreikantigen, liegenden Prismas, dessen obere spitze Kante *AB* mit einem 4 mm breiten Schlitz versehen ist. Das aus dem letzteren dringende Gemisch von Leuchtgas und Luft giebt eine farblose, sehr heisse Flamme von 12 bis 15 cm Höhe. Daher ist dieser Ofen, wie Arendt (Technik der Experimentalchemie, 2. Aufl. S. 89) hervorhebt, zum Biegen dickerer Glasröhren, sowie statt des grösseren Verbrennungsofens zu vielen chemischen Versuchen, bei denen Röhren erhitzt werden sollen, wohl zuempfehlen. Er eignet sich aber auch sehr gut zur Erzeugung farbigen Lichtes. Legt man Asbestfäden [2]) von etwa 20 cm Länge, die in die betreffenden concentrierten Salzlösungen wenige Sekunden eingetaucht sind, auf die äussere Kante jenes Schlitzes und drückt die freien Enden an die seitlichen Wände des Ofens fest an, so effloreszieren beim Entzünden die Salze aus den Fäden heraus, und man bekommt eine hohe und breite, intensiv leuchtende Flamme von entsprechender Farbe. Dieselbe ist in einem grösseren Auditorium weithin sichtbar und hält je nach der Flüchtigkeit des Salzes längere oder kürzere Zeit an. Bei Anwendung einer Kochsalzlösung dauert die Erscheinung eine Stunde und darüber. Da der Asbestfaden selbst nur schwach glüht und am unteren Rande der Flamme liegt, so ist die Natur der spektroskopischen Strahlen der letzteren nur durch die chemische Zusammensetzung der Salze bedingt. Man erhält daher die reinen Linienspektren auf dunklem Grunde. Somit dürfte zu vielen Versuchen, bei denen es auf die Erzeugung und Benutzung monochromatischen Lichtes ankommt, der Heintzsche Ofen den bisher benutzten Apparaten vorzuziehen sein. Im Folgenden

---

[1]) Derselbe ist zu beschaffen von der Firma Franz Hugershoff in Leipzig und kostet 9,50 M.

[2]) Diese Asbestfäden lassen sich aus einem Stück eines Gewebes, aus welchem feuersichere Mäntel gefertigt werden, entnehmen. Man wende sich an die Asbestfabrik von Wolff, Berlin N, Eichendorffstrasse 20.

mögen einige Versuche über die Lichtabsorption beschrieben werden, die grösstenteils im Dunkeln auszuführen sind.

1. Einen vierkantigen schmalen Glastrog [3]), der 6 cm lang, 8 cm hoch und 2 cm breit ist, fülle man mit einer Lösung von Cuprammoniumsulfat (aus Kupfervitriol und Ammoniak zu erhalten) von solcher Concentration, dass eine dahinter stehende Kerzenflamme eben noch zu sehen ist. Stellt man aber den Trog vor eine mittelst des Heintzschen Ofens erzeugte Natriumflamme, so wird deren Licht vollkommen absorbiert, wie wenn aus jener Flamme ein rechteckiges Stück von der Grösse des Troges herausgeschnitten wäre.

2. Ebenso wird das Natriumlicht gänzlich absorbiert, wenn man die Flamme durch rote, grüne oder blaue Glasplatten betrachtet. Nur muss man von letzteren mindestens vier über einander legen, in welchem Fall eine Kerzenflamme hinter den Gläsern noch gut sichtbar bleiben muss.

3. Stellt man zu beiden Seiten der Natriumflamme in gleicher Höhe mit derselben eine Anzahl Flaschen auf, welche farbige Präparate, wie Chromgelb, Zinnober, Schweinfurter Grün, Ultramarin u.s.w., enthalten, so erscheinen dieselben bezw. weiss, grau oder schwarz. Noch besser wird die Absorption des gelben Lichtes zur Anschauung gebracht, wenn man im Halbkreis um die Flamme eine Anzahl verschieden gefärbter Zeugstreifen anbringt. Ich benutze die Musterkarte der Anilinfarbenfabrik von Meister, Lucius & Brüning in Höchst a. M., auf deren 250 Zeugstreifen die verschiedensten Nuancen aller Farben vertreten sind. Bei Natriumlicht sieht man nur die mannigfachsten Abstufungen des Grau, von weiss bis Schwarz. Sobald man aber in der Nähe einen Argandbrenner anzündet, erscheinen die Zeugstreifen in ihren wirklichen Farben.

4. Mittelst der breiten Natriumflamme des Heintzschen Ofens kann man ferner sehr leicht das Kirchhoffsche Gesetz demonstrieren, dass leuchtende Flammen Licht von derjenigen Wellenlänge besonders stark absorbieren, für welche ihr Emissionsspektrum ein Maximum ist. Vor dem Heintzschen Ofen stelle man, wie die Figur zeigt, einen gewöhnlichen, mit Hahn und Schornstein versehenen Bunsenschen Brenner (Schlauch *D*), dessen Schornsteinträger bis an das obere Ende der Brennerhülse geschraubt ist, so auf, dass sich der obere Rand des Schornsteins mit dem Schlitz *AB* in gleicher Höhe befindet. Alsdann wird ein längerer, mit Kochsalzlösung getränkter Asbestfaden in der Flamme des Heintzschen Ofens kurze Zeit, bis er steif geworden ist, erhitzt und in vier Stäbchen von der Grösse eines Streichholzes zerbrochen. Letztere legt man kreuzweise über den Rand des Schornsteins, so dass sie ein Quadrat einschliessen, dessen Seiten die 4 bis 5 cm über den Schornstein hervorragende Flamme tangieren. Hierdurch wird letztere intensiv gelb gefärbt. Indessen erscheint sie vor der gelben Flamme des Heintzschen Ofens mit einem turmartigen, dunklen Mantel umgeben, der an den Seiten der Flamme $^1/_2$ cm dick ist, ihre leuchtende Spitze aber um 4 bis 6 cm überragt. Ist die Intensität der gelben Flamme des Heintzschen Ofens etwas geringer geworden, was in ungefähr 10 Minuten nach dem Anzünden der Fall ist oder auch dadurch leicht erreicht werden kann, dass man den Asbestfaden mehr in die Mittellinie des Schlitzes bringt, so ist jener Mantel völlig schwarz und macht selbst am Tage auf den Beobachter den Eindruck, wie wenn die Flamme des Bunsenschen

[3]) Solche Tröge werden in verschiedener Grösse aus Spiegelglasplatten, die durch Emailglas verbunden werden, angefertigt von der Firma Warmbrunn & Quilitz, Berlin C, Rosenthalerstr. 40.

Brenners russt. Er hebt sich von der breiten Flamme des Heintzschen Ofens so scharf ab, dass er sogar in einer Entfernung von 10 m deutlich wahrgenommen werden kann. Ausserdem bietet der Versuch den Vorteil, dass er jene Erscheinung länger als eine halbe Stunde erkennen lässt, ohne dem Experimentator irgend welche weitere Mühe zu machen.

Mit Bezug auf die Theorie des Leuchtens der durch Salze gefärbten Flammen sei auf die Abhandlungen von E. Pringsheim (*Wied. Ann. 45. 428, 1892* und *49. 347, 1893*) verwiesen. Nach seinen Versuchen liegt die Ursache der Emission und Absorption des Lichtes dieser Flammen nicht, wie man bisher annahm, in der hohen, die Salze verflüchtigenden oder dissociierenden Wärmeentwickelung der Flammen, sondern das Leuchten tritt nur ein infolge von Reduktionsvorgängen, welche von den Flammengasen eingeleitet werden. Worin der Mechanismus des Leuchtens selbst besteht, ist eine noch offene Frage, und die Schlüsse, die man früher aus dem Charakter der Spektra der Sterne auf die Beschaffenheit der letzteren gezogen hat, sind durch die Pringsheimschen Resultate unsicher geworden.

Über einige einfache Versuche aus dem Gebiete der Polarisation des Lichtes. [1])

Von

Dr. **O. Rosenbach**, Professor an der Universität in Breslau.

Die hier vorgeführten Beobachtungen aus dem Gebiete der Polarisation lassen sich mit den einfachsten Hilfsmitteln anstellen. Da die Versuche des polarisierten Himmelslichtes bedürfen und um so bessere Resultate geben, je grösser die Menge des horizontal oder vertikal polarisierten Himmelslichtes ist, so lässt sich an dem Ergebnis der Versuche in sehr einfacher Weise die Art der Polarisation des einfallenden Lichtes, sowie der Einfluss, den Bewölkung und Stand der Sonne auf die Polarisationsebenen haben, demonstrieren. So ist ein Teil der Erscheinungen (Gruppe I, II und VI) am schönsten bei völlig heiterem Himmel, bei Tiefstand der Sonne und in der Nordsüdrichtung sichtbar; ja, wenn die Sonne in der Nähe des Horizontes steht, also am Morgen und Abend, sind die zu beobachtenden Erscheinungen gerade dann am deutlichsten, wenn eine durch die Mitte des Objekts und den Beobachter gelegte Sagittalebene annähernd in der Richtung der Magnetnadel sich befindet. (Dies entspricht der bekannten Thatsache, dass das Maximum der Lichtpolarisation 90° von der Sonne auftritt.)

Zur Anstellung der Versuche bedarf man nur einer Platte von gewöhnlichem dunklem (violettem, rotem oder blauem) Glase an dessen Stelle man übrigens auch jede schwarze polierte Platte (Ebonit, Lackleder, Metall) nehmen kann, einiger dünner Glimmer- und Gypsplatten, eines der überall käuflichen Würfel von geschliffenem Glase [2]), einer Quarzplatte und eines grösseren Kalkspathkrystalles; es ist aber anzuraten, die ersten Versuche mit dem Glaswürfel (Gruppe I) in den Vormittags- oder Abendstunden und bei nicht zu stark bewölktem Himmel anzustellen. Durch eine Reihe von eigenen Versuchen wird man bald in den Stand gesetzt werden, einen Überblick über die Mannigfaltigkeit

[1]) Nach einem in der naturwissenschaftlichen Sektion der Schles. Gesellsch. für vaterländ. Kultur am 3. Mai 1893 gehaltenen Vortrage.

[2]) Körper aus „schnell gekühltem“ Glase zeigen alle Erscheinungen schöner, als die gewöhnlich käuflichen Glaskörper, die wir benutzt haben; aber es ist doch kein Zweifel, dass ein grosser Teil dieser billigen Objekte ganz ähnliche Eigenschaften besitzt, wie das viel teuerere, schnell gekühlte Glas. So sind selbst kleine Glaspfropfen von parallelepipedischer Gestalt zu allen Versuchen zu gebrauchen.

der Erscheinungen und den Einfluss der verschiedenen Faktoren zu gewinnen; die blosse Beschreibung der möglichen Erscheinungen würde zu viel Raum in Anspruch nehmen.

I.

1. Betrachtet man, dem Fenster gegenüberstehend, eine dunkle (Glas)-Platte, auf der sich ein Glaswürfel (oder ein anderer Glaskörper von parallelepipedischer Form) befindet, so erblickt man an der Hinterfläche des Spiegelbildes des Würfels ein schwarzes, blau-schwarzes oder braunes Kreuz, dessen Hintergrund bei klarem Himmel blau, bei bewölktem weiss ist und in den Ecken vier rundliche Flecke aufweist, die bei bewölktem Himmel gelb, bei hellem Himmel rotgelb bis blaurot erscheinen und dann von schwarzen, roten und gelben Rändern umrahmt sind (Fig. 1). Ist der Würfel von grünem Glase, so erscheinen die Farbencontraste auf dem grünen Hintergrunde besonders schön, da hier der rote Rand um die pfaublauen Flecken sehr deutlich ist. Das dunkle Kreuz, das eigentlich aus sich berührenden Kurven (Lemniscaten) entsteht, kann man in ein breites, weisses Kreuz, zwischen dessen Armen sich vier prachtvolle, pfaublaue Flecke zeigen, verwandeln, wenn man den Spiegel mit dem Würfel aus der oben angegebenen Stellung um 90° in der Horizontalebene dreht oder bei Hochstand der Sonne (um Mittag) ein Fenster so öffnet, dass es nahezu parallel mit einer Seitenfläche des Würfels steht. (Fig. 2.)

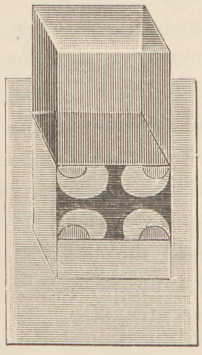


Fig. 1.

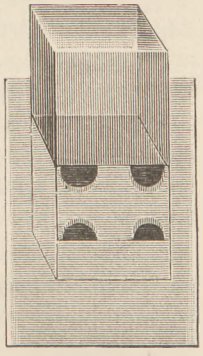


Fig. 2.

2. Ebenso kann man ein weisses Kreuz mit pfaublauen Ecken sichtbar machen, wenn man eine zweite dunkle Glasplatte zwischen sich und den Würfel bringt und das Spiegelbild des Würfels in dieser Glasplatte betrachtet. Lässt man den Würfel sich in dieser Glasplatte spiegeln, indem man sie parallel zu einer Seitenfläche des Würfels hält, so zeigt dieses seitliche Spiegelbild, scheinbar an seiner Vorderfläche, ein prachtvolles schwarzes Kreuz und vier gelbe Flecke. Man kann also zu gleicher Zeit zwei identische Bilder sehen; das eine in dem vertikalen seitlichem Spiegel, das andere unter der Horizontalebene. (Fig. 3.)

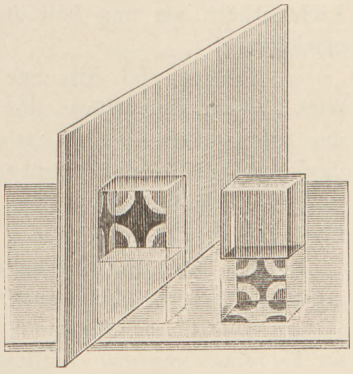


Fig. 3.

3. Alle diese geschilderten Erscheinungen sind unter Zuhilfenahme einer mässig dünnen Glimmerplatte, die man auf die Oberfläche des Würfels legt oder vertikal oder geneigt zwischen Würfel und Lichtquelle stellt, sehr viel deutlicher zu machen, so dass, auch bei bedecktem Himmel, das schwarze Kreuz selbst dem in diesen Beobachtungen nicht Geübten frappant zur Anschauung gebracht werden kann. Die horizontal gelegte Glimmerplatte muss die hintere Kante der oberen Fläche des Würfels beträchtlich überragen, da sie von den durch die Hinterfläche in den Würfel eintretenden Strahlen passiert werden muss.

Ist nun die Beleuchtung günstig, so zeigen sich, je nach dem Stande der Sonne, am besten früh und abends, noch farbige Phänomene, die durch Drehung der horizontalen Glimmerplatte um eine vertikale, oder der vertikal gestellten um eine sagittale resp. geneigte Axe sehr instruktiv variiert werden können. Das Kreuz zeigt sich, je nach der Dicke der Glimmerplatte, dann in seinen verschiedenen Quadranten von bogigen farbigen Rändern umsäumt und zwar so, dass den gekreuzten Quadranten dieselbe Farbenanordnung entspricht. Es findet sich also z. B. rechts oben und links unten violett und rot, dann herrscht links oben und rechts unten blau und grün vor; bisweilen sind die Farben deutlich Complementärfarben. Die Art der Farbenringe ist von der

Dicke der Glimmerplatte abhängig. Dreht man die Glimmerplatte um eine sagittale Axe, so verwandeln sich die Arme des schwarzen Kreuzes in einer bestimmten Stellung in zwei dunkle oder farbige Lemniscaten. Besonders bemerkenswert ist, dass die zwei innersten Bogen in den gekreuzten Quadranten braungelb, auch grau oder schwarz erscheinen können, dass also die Farbenanordnung und die dunklen Streifen Analogieen zu der in Gruppe III geschilderten Versuchsanordnung bieten; beide Versuchsanordnungen liefern unter günstigen Beobachtungsbedingungen wohl die schönsten Bilder. Je nach dem Stande der Sonne und der Bewölkung ändern sich diese Verhältnisse, so dass unter Umständen die Farbenerscheinungen bei horizontaler oder geneigter Lage der Glimmerplatte am besten zur Beachtung kommen und dass der gesamte Hintergrund regelmässig angeordnete Spektralfarben zeigt.

4. Bei diesen Versuchen und ebenso bei Beleuchtung durch Lampenlicht erscheint die untere Fläche des an der hinteren Begrenzungskante der spiegelnden Glasplatte befindlichen Würfels völlig schwarz; denn sie ist ja das Spiegelbild der oberen, nicht erleuchteten, Fläche. Verschiebt man den Würfel aber vom Rande des Spiegels nach der Mitte zu und blickt dadurch etwa unter einem Winkel von 50° auf dieses Spiegelbild, so erhellt sich diese untere Fläche und man erblickt ein breites weisses Kreuz mit ausgebreiteten blauen Flecken, die von schwarzen und gelben Säumen umrandet sind. Man kann diese Figur auch bei ersterwähnter Stellung sichtbar machen, wenn man eine zweite, Himmelslicht reflektirende, Platte, die nicht schwarz zu sein braucht, der ersten so nähert, dass sie gewissermaassen ihre Verlängerung nach der Lichtquelle (der Lampe oder dem Fenster hin) bildet und mit ihr in einer Ebene liegt. Dadurch wird die dunkle Unterfläche mit einem Schlage erhellt und man projiziert, wie man bei kleinen Bewegungen der Platte sehen kann, das farbige Phänomen eigentlich auf diese letztere, da es ihre Verschiebungen mitmacht. Die Hinzufügung einer zweiten Platte bewirkt also in diesem Versuche dasselbe, wie das Verschieben des Würfels nach der Mitte der Platte hin. Es kommt eben wesentlich nur darauf an, dass die obere Fläche des Würfels, die an ihrer Innenseite wegen der Lage der Lichtquelle fast gar kein Licht erhält und deshalb im Spiegelbilde dunkel erscheint, durch einen Kunstgriff reflektiertes, polarisiertes, Licht erhält, um nun hell und scheinbar als untere Fläche des gespiegelten Würfels zu erscheinen.

Dass es sich hier nur um eine Spiegelung der, durch polarisiertes Licht erleuchteten, oberen Innenfläche des Würfels handelt, ergiebt sich für den, der den Versuch in der angegebenen Weise anstellt, leicht; man glaubt dabei gewissermaassen durch die dunkle Platte hindurchzuschauen, während man doch nur das Spiegelbild des Himmels erblickt und hinter die Spiegelfläche, also scheinbar durch die dunkle Platte hindurch, projiziert.

5. Auch mit den bekannten Figuren aus gehärtetem Glase lassen sich die prachtvollsten Farbenerscheinungen vermittelst der vorher geschilderten dunklen Glas- und Glimmerplatte, event. unter Zuhilfenahme einer Gypsplatte, hervorrufen; namentlich schön ist bei einer gewissen Stellung des Objektes ein im Centrum befindliches Malteser- oder Andreaskreuz oder ein zackiger weisser Stern, während in der Peripherie farbige Figuren von der schönsten Leuchtkraft zu beobachten sind. Auch die eben erwähnten Formen dunkler Kreuze zeigen bei hellem Himmel und bei Sonnenuntergang ihre schönste Ausbildung, wenn die durch die Mitte gelegte Sagittalebene fast genau in die Richtung der Magnetnadel fällt.

II.

1. Dünne Glimmerplatten bieten, bei verschiedenster Stellung in der dunklen Platte gespiegelt, verschiedenartige Farbenerscheinungen. Oft zeigen sich gerade bunte Linien, oft kreisförmige farbige Bänder (Lemniscaten); nicht selten ist eine solche Platte in farbige Quadranten getheilt, so dass die gekreuzten Quadranten dieselbe Farbe, bisweilen die Komplementärfarbe, zeigen; doch sind die Farbenerscheinungen von der Dicke der Platte abhängig. Auch mit dünnen Gipsblättchen lassen sich prachtvolle Farben-

erscheinungen, die bei Drehung der Blättchen ihren Charakter verändern, erzielen; es liegen hier Verhältnisse vor wie bei der Betrachtung des Gipsplättchens zwischen gekreuzten und ungekreuzten Nicols. (Vergl. auch II, 6). Die Erscheinungen sind am schönsten bei Tiefstand der Sonne, unbewölktem Himmel, in der Richtung nach Norden oder in der dem Stande der Sonne abgewandten Himmelsrichtung.

2. Klebt man ein dünnes Gypsplättchen auf die dem Beobachter abgewendete (Hinter-) Fläche eines Glaswürfels in der Nähe der Oberkante, so erhält man natürlich ein (wenig gefärbtes) Spiegelbild, das wir das primäre nennen wollen. Unter den in der Versuchsreihe I 4 genannten Bedingungen, d. h. bei Erhellung der Innenseite der Oberfläche des Würfels, erscheint nun aber auch ein zweites Bild des Plättchens innerhalb des weissen Kreuzes an der, nun sichtbar gemachten, unteren Fläche des Spiegelbildes, und zwar zeigt es, je nach der Lage der Axen des Gypses, die durch Drehung des Plättchens zu ermitteln ist, Farben, die gewöhnlich complementär sind zu der Färbung des blasseren, scheinbar über ihm befindlichen, primären Spiegelbildes. Wir sehen also nach der, wie vorhin angegeben, erfolgten Beleuchtung der Unterfläche zwei Spiegelbilder des Glimmerplättchens, nämlich das direkte, wenig gefärbte, das sich auch innerhalb der Hinterfläche des Würfels, wo es angeheftet ist, befindet, und ein indirektes, complementär zum ersten, aber schöner gefärbtes, an der Unterfläche des gespiegelten Würfels. Dieses, von polarisiertem Lichte erleuchtete, und darum besonders prachtvolle, Bild ist also das Spiegelbild eines an der spiegelnden inneren Oberfläche des Würfels entstandenen Spiegelbildes. (Man ändere durch Drehung die Lage der Axe des Gypsblättchens so lange, bis der schönste Farbenton entsteht.)

3. Bei bestimmten, leicht auszumittelnden, Reflexionsverhältnissen und auch bei der Drehung des Würfels um seine Kante lassen sich sehr schöne Farbenerscheinungen (stahlblaue, rote und gelbe Lemniscaten, Kreuz- und Sternfiguren) an den total reflektierenden inneren Seitenflächen, sowie an der oberen Aussenfläche des Würfels zur Anschauung bringen. Ebenso zeigt die (total reflektierende) Unterfläche, durch einen Doppelspath betrachtet, Farbenerscheinungen. Vorzügliche Bilder giebt ein auf dem Fensterbrette eines geschlossenen Doppelfensters stehender Würfel.

Wenn man zu gleicher Zeit das Spiegelbild zweier Seitenflächen des Würfels betrachtet (d. h. wenn die Sagittalebene des Beobachters parallel ist der diagonalen Vertikalebene des Würfels), so sieht man in jeder dieser beiden Flächen ein Kreuz und die anderen schon vorher beschriebenen Erscheinungen. In gewissen Mittelstellungen des Würfels erblickt man oft nur eigentümliche, rauchgraue Flecke oder undeutlich ausgesprochene Bogen, die, je mehr der Würfel in die, dem Stande der Sonne entsprechende, vertikale oder horizontale Polarisationsebene gedreht wird, immer deutlicher in die Arme des Kreuzes übergehen. Wenn es gelingt, ein sehr scharfes Bild des Kreuzes zu erhalten, so kann man sich auch hier davon überzeugen, dass die Kreuzfigur nur durch zwei, sich im Mittelpunkte der Würfelfläche berührende, eigentümlich gestaltete Kurven (Lemniscaten), gebildet wird. Es mag auch erwähnt werden, dass die äussersten Enden der Arme des Kreuzes oft in, nach oben oder unten gekrümmte, Bogen auslaufen.

5. Schliesslich mag hervorgehoben werden, dass man die eben geschilderten und die noch zu schildernden Erscheinungen sehr deutlich an den Körpern selbst, und nicht, wie bisher, in ihrem Spiegelbilde wahrnimmt, wenn man den auf der Platte befindlichen Körper vermittelst eines Turmalins, Doppelspaths oder Nicols betrachtet, durch deren Umdrehung man dann auch den sonst durch die Drehung des Würfels oder durch die Verschiebung der Polarisationsebene des Himmelslichtes erzielten Wechsel der Erscheinungen hervorrufen kann. Sehr lebhafte Farben zeigt auch bei Lampenlicht das auf der dunklen Glasplatte entworfene Spiegelbild eines Gypsplättchens, wenn man das auf einer mindestens einen Millimeter dicken Glimmerplatte befestigte Objekt durch die Glimmerschicht hindurch so beleuchtet, dass die Lichtstrahlen unter sehr schiefem Winkel auffallen, und das Spiegelbild des Gypsblättchens innerhalb des weissen Lampenschirmes entworfen wird.

6. Auch mit dünnen Gypsplättchen kann man direkt auf der Glasplatte schöne Farben erhalten, wenn man sie unter bestimmten Winkeln gegen dieselbe neigt, und die Farben sind natürlich um so schöner, je heller das Himmelslicht ist. Die prachtvollsten Färbungen erhält man, wenn man das Spiegelbild noch in einer zweiten, senkrecht gehaltenen, dunklen Glasplatte sich wiederspiegeln lässt, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass in dem zweiten Spiegelbilde das Gypsplättchen auch auf den hellen Hintergrund der ersten Platte projiziert werde, d. h. dass bereits polarisiertes Licht das Gypsplättchen erleuchte. Lässt man nicht den Himmel, sondern einen dunklen Gegenstand sich in der ersten Platte spiegeln, so bleiben alle Farbenerscheinungen aus, weil der Hintergrund des zweiten Spiegelbildes dunkel bleibt.

III.

1. Biegt man eine dünne Glimmerplatte, ohne sie zu brechen, um, so dass sie ein Stück eines Cylindermantels bildet und stellt sie senkrecht auf die dunkle Glasplatte, so zeigt sich ihr Spiegelbild bei geeigneter Beleuchtung (bei hellem Himmel) von senkrechten, ziemlich breiten, farbigen Streifen durchzogen, unter denen, bei einer bestimmten Dicke der Platte, namentlich zwei dunkelschwarze, chokoladenbraune oder rauchgraue sich auszeichnen. Bei sehr dünnen Glimmerplatten sind die Streifen völlig schwarz und erscheinen auf einem bläulichen Hintergrunde. Auch ein käuflicher Lampencylinder aus Glimmer zeigt dieselben Erscheinungen; nur sind entsprechend seiner grösseren Dicke die schwarzen Streifen weniger ausgesprochen als die bunten, die in der Reihenfolge der prismatischen Farben auftreten und bei Betrachtung durch einen Turmalin in besonderer Schönheit erscheinen. Die schwarzen Streifen sind am deutlichsten, wenn die Axe des Turmalin vertikal steht. Natürlich sind die Streifen um so besser markiert, je geringer der Radius der Mantelfläche des Cylinders, je grösser also seine Krümmung ist; die dunklen Streifen sind in der Nähe der Convexität am stärksten ausgeprägt.

IV.

1. Neigt man eine rechts oder links drehende Quarzplatte gegen eine dunkle Glasplatte, so erhält man ein gefärbtes Spiegelbild, dessen jeweilige Farbe abhängig ist von der Neigung der Quarzplatte gegen die Glasplatte und von dem Winkel, den sie mit der, vom Stande der Sonne abhängigen, Polarisationsebene des Himmelslichtes bildet; eine parallel zur optischen Axe geschnittene Quarzplatte zeigt die Erscheinungen weniger deutlich. Durch Zuhilfenahme eines Glimmerplättchens kann man die farbigen Erscheinungen variieren.

2. Lässt man einen grösseren Kalkspatkrystall (Doppelspat) sich in der dunklen Platte unter einem Winkel von ca. 50° spiegeln, so zeigt natürlich das Spiegelbild die Erscheinungen der Doppelbrechung bezüglich aller Strahlen, die von der hinteren (vom Beobachter abgewendeten) Fläche des Krystalls auf den Spiegel fallen. Bringt man nun vor die vordere Fläche eine rechts oder links drehende Quarzplatte (eine parallel zur optischen Axe geschnittene ist hier nicht zu benutzen), so zeigt das Spiegelbild in Folge der Einwirkung der Quarzplatte (Neigung gegen die schwarze Glastafel) Farbenerscheinungen, und zwar erhält jeder gespiegelte Gegenstand an den Stellen, die den unregelmässig gebrochenen Strahlen entsprechen, farbige Ränder, deren Nüancen von der Neigung der Quarzplatte resp. des Krystalls gegen die Spiegelebene abhängen. Hat der Gegenstand also z. B. vier Begrenzungslinien, so ist der obere und linke Saum, der rechte und untere identisch, und zwar in den Complementärfarben, gefärbt. Ist z. B. der obere und linke Saum blau, so ist der rechte und untere gelb, ist der obere und linke Saum purpurrot, dann sind die beiden anderen Ränder grün u. s. w.; auch kommen eine Reihe von Mischfarben vor. Sehr schön sind die Erscheinungen, wenn man aus Papier geschnittene Figuren als Spiegelobjekte benutzt; ein Dreieck zeigt nur zwei farbige Säume; ein Kreuz, ein Vieleck, ein Kreis, ein schmaler Streifen zeigen, je nach dem Durchmesser und der Zahl der Begrenzungslinien, ein verschiedenartiges Verhalten der

Ränder, das sich aus der Construktion des Ganges des unregelmässigen Strahls ableiten lässt.

Man kann diesen Versuch auch umkehren, indem man das von der schwarzen Platte reflektierte Licht durch die Quarzplatte, an der das Objekt befestigt ist, und den Kalkspat hindurchfallen lässt, also bei bestimmtem Neigungswinkel durch Krystall und Quarz nach der polarisierenden Platte blickt, wobei man das Objekt selbst von den farbigen Säumen umgeben sieht, da ja hier kein Spiegelbild sichtbar ist.

Statt der Quarzplatte kann man auch eine Glimmerplatte anwenden, die je nach der Dicke verschiedene Farben liefert.

Ähnliche Farbenerscheinungen liefert auch schon der durch die Quarzplatte hindurch sich abspiegelnde Kalkspat allein, indem die dunklen Säume, von denen bekanntlich zwei aufeinanderstossende Flächen des Quarzes bei bestimmter Stellung umrandet sind, in den Complementärfarben um so schöner leuchten, je breiter und dunkler die Randstreifen, die von einer hier nicht zu erörternden Brechung und Spiegelung der Lichtstrahlen im Krystall selbst abhängen, von vornherein sind. Beiläufig bemerkt, sieht man diese Säume in ihrer natürlichen (rauchgrauen) Beschaffenheit am besten, wenn man durch den Krystall hindurch in der Richtung von unten nach oben nach dem Himmel blickt, und in der Regel sind die Säume am stärksten ausgesprochen, die parallel zu den einen stumpfen Winkel begrenzenden Kanten laufen.

3. Betrachtet man durch einen Kalkspat, an dessen Hinterfläche ein dünnes Gipsblättchen befestigt ist, unter dem Polarisationswinkel die das Himmelslicht reflektierende dunkle Glasplatte oder eine andere lichtreflektierende dunkle Fläche, so zeigt das Gypsblättchen eine sehr schöne bunte Streifung, häufig sogar in den Complementärfarben.

Die auf diesem Wege erzielte Färbung ist bei weitem schöner, als wenn man das Gipsblättchen, wie in dem vorigen Versuche, durch den Krystall und eine Quarzplatte hindurch sich spiegeln lässt.

V.

Die bekannten, durch ein Nicolsches Prisma bei Betrachtung einer Wolke hervorgerufenen, Haidingerschen Büschel lassen sich auch ohne Nicol auf folgende einfache Weise zur Anschauung bringen und vermittelst ihrer Nachbilder gewissermaassen zum zweiten Mal objektivieren.

1. Betrachtet man durch eine, unter einem Winkel von etwa 80 bis 130° gehaltene, dünne Glimmerplatte eine dunkle Glas- oder Ebonitplatte, die das Licht einer Wolke oder das des blauen Himmels allein reflektiert, so erblickt man sofort zwei breite, gewissermaassen mit ihren Stielen zusammenstossende, gelbe, büschelförmige Flecke, die zwar schnell verschwinden, aber bei jeder Bewegung der Glimmerplatte wieder hervortreten, und kann bei besonders genauer Fixation zwischen ihnen (nach oben und unten hin) noch zwei violettblaue, ähnliche, Flecke erkennen. Die Erscheinung überhaupt und namentlich die Nuancierung der Farben ist für manches Auge um so deutlicher, je stärker die Wolkenbedeckung des Himmels ist. Fixiert man nun diese Büschel oder, da sie nach kurzer Zeit verschwinden, die Richtung, in der man sie gesehen hat, monocular (d. h. bei Schluss eines Auges) und zieht nach einigen Sekunden die Glimmerplatte hinweg, so erblickt man sofort auf der schwarzen Platte ein sehr deutliches Nachbild, bei dem aber die gelben Büschel nun die Stelle der blauen einnehmen und umgekehrt. Die ganze Figur hat sich also in Folge des Farbencontrastes scheinbar um 90° gedreht. Die Büschelfigur erscheint um so grösser, je weiter man die schwarze Platte vom Auge entfernt hält; in einer Entfernung derselben von mehreren Fuss sind die Büschel fast zollgross. (Fig. 4.)

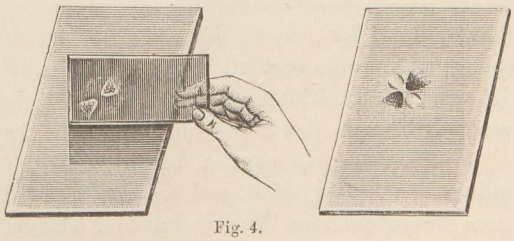


Fig. 4.

2. Ganz dasselbe Resultat kann man vermittelst einer Quarzplatte am besten mit einer parallel zur optischen Axe geschnittenen, die man in gleicher Weise gegen die dunkle Platte neigt, erhalten; man sieht dann, scheinbar auf der Quarzplatte, die gelben Flecken besonders deutlich — weniger deutlich erscheinen die blauen —, und erhält bei Entfernung des Quarzes ein sehr deutliches, ebenfalls umgekehrtes, Nachbild, das auch die äussere Form der Quarzplatte, also einen Kreis oder ein Viereck, zeigt.

Diese Versuche sind besonders deshalb wertvoll, weil mancher, der die Haidingerschen Büschel nicht deutlich zu sehen vermag, durch das Nachbild von ihrer Existenz überzeugt wird; sie sind ferner wichtig wegen des, in den Contrastfarben erscheinenden, Nachbildes, das namentlich den Beweis für die Existenz der schwerer sichtbaren, blauvioletten Büschel liefert. Übrigens verdient der Haidingersche Versuch schon deswegen unser besonderes Interesse, weil er zeigt, dass das Auge zwar für polarisiertes Licht direkt empfänglich ist, aber fast sofort eine Accommodation (vielleicht auf photochemischem Wege) eintreten lässt, um die Störung zu beseitigen, die ihm aus der beständigen Unterscheidung des polarisierten Lichtes erwachsen würde. (Die Büschel sind auch durch einen Turmalin direkt am Himmel oder durch einen Doppelspath oder Glaswürfel, durch den man die schwarze, Himmelslicht reflektierende Platte fixiert, zu erblicken.)

VI.

1. Dreht man eine senkrecht gegen einen gewöhnlichen Spiegel gehaltene Turmalinplatte um eine sagittale Axe, so zeigt Platte und Spiegelbild während der ganzen Umdrehung (ganz gleich, unter welchem Winkel man sie betrachtet) annähernd dieselbe Helligkeit, wie zu Beginn des Versuchs. Benutzt man aber statt des Spiegels eine dunkle Glasplatte, so ändert sich das Ergebnis des Versuchs, denn sobald bei der Drehung die Axe des Turmalins vertikal steht, verschwindet das Spiegelbild völlig, und auch die Turmalinplatte selbst verdunkelt sich beträchtlich. Hebt man dagegen die dunkle Glasplatte in die horizontale Visierebene, so tritt diese Verdunkelung des Turmalins und seines Spiegelbildes in viel geringerem Grade ein.

Ähnliche Erscheinungen erhält man, wenn die dunkle Platte vertikal und der Turmalin horizontal auf ihr steht; sobald nämlich die optische Axe des Turmalins senkrecht auf der Ebene der Platte steht, tritt Verdunkelung des Turmalins, und wenn Spiegelung erzielt ist, des Spiegelbildes ein, während bei paralleler Stellung der optischen Axe (oder der durch sie hindurchgelegten Vertikalebene) zur spiegelnden Platte Verdunkelung eintritt.

2. Wenn man bei niedrigem Stande der Sonne den hellen Himmel durch eine Turmalinplatte betrachtet, so tritt bei horizontaler Stellung der optischen Axe des Turmalins eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes ein, wenn der Beobachter gerade nach Norden oder Süden blickt; in der Ostwestrichtung ist eine derartige Verdunkelung bei Drehung des Turmalins nicht zu constatieren. Bei Hochstand der Sonne und bei gewissen Bewölkungsverhältnissen tritt die stärkste Verdunkelung, entsprechend dem Stande der Sonne, dann ein, wenn die optische Axe des Turmalins einen Winkel von 45° mit der horizontalen resp. vertikalen Blickebene macht. Diese Versuche sind vor allem geeignet, die verschiedene Richtung der Polarisationsebenen des Himmelslichtes und ihre Abhängigkeit von dem Stande der Sonne und der Bewölkung des Himmels zur Anschauung zu bringen.

Wenn auch manche der hier vorgeführten Beobachtungen vielleicht bekannt sein sollten, so ist es doch wohl nicht zweifelhaft, dass sie sich wegen ihrer Einfachheit ganz besonders zum Verständnis der elementaren Vorgänge bei der Polarisation und zum Studium der Polarisationsrichtung des Himmelslichtes eignen. Auch kann die hier beschriebene Methode zur Demonstration der optischen Erscheinungen in Krystallen mit Vorteil verwandt werden, wie dies im Anschlusse an meine Untersuchungen Herr Professor Hintze gethan hat.

Physikalische Aufgaben.

Aufgaben zur mathematischen Geographie.[1])

33. Wie lang ist der durch eine atmosphärische Strahlenbrechung von 34′ abgekürzte Kernschatten der Erde bei einem mittleren Sonnenabstand von 20 140 000 geographischen Meilen und wie stark müssen bei einer solchen Brechung die Sonnenstrahlen gegen die gemeinschaftliche Berührungsebene von Sonne und Erde geneigt sein, wenn sie den 51 800 geogr. M. entfernten Mond noch treffen sollen?

Auflösung. Da die Ablenkung der Strahlen beim Eintritt in die Erdatmosphäre wie beim Austritt 34′ beträgt, so bildet die äussere Grenze des wahren Kernschattens mit der des geometrischen Schattens einen Winkel von 1° 8′. Der Winkel an der Spitze des Schattenkegels wird deshalb von 31′40″ auf 2°47′40″ vergrössert und die Länge des Schattens auf 35 208 geogr. M. verkleinert, so dass er den Mond nicht erreicht. Läge die Spitze des Schattenkegels gerade an der Oberfläche des Mondes, so wäre sein Öffnungswinkel abgerundet 1° 54′. Seine Seitenlinie bildet mit der des wahren Kernschattens nach jeder Seite einen Neigungswinkel von 27′ und deshalb können die in der Nähe der Erde gegen die Seitenlinie des geometrischen Schattens um 27′ geneigten Sonnenstrahlen selbst bei der stärksten Strahlenbrechung den Mond schon erreichen. Durch die verschiedenartige Strahlenbrechung kann die Halbkugel des Mondes also überall von allen Teilen der Sonne Licht erhalten.

34. Wieviel ist der vom Vollmond beleuchtete Teil der Erde kleiner als ihre Hälfte?

Antwort. Der Centriwinkel der nicht beleuchteten Zone beträgt 41′24″.

35. Zu Anfang einer Sonnenfinsternis betrug die gerade Aufsteigung des Mondes 23°30′, die nördliche Abweichung 9°27′35″. Wie weit war derselbe von der Ekliptik und vom nächsten Knoten entfernt, wenn die Schiefe der Ekliptik zu 23°27′18″ und die Neigung der Mondbahn zu 5°9′ angenommen wird?

Antwort. Bei der Umrechnung der Coordinaten findet man 20′ südliche Breite und daraus den Knotenabstand von 3°43′.

36. Zu wieviel Stunden berechnet sich die Dauer der Sichtbarkeit des Vollmondes am 2. März 1893 in Berlin unter 52°30′ n. Br., wenn er die volle Hälfte der Erde beleuchtete, sich nicht bewegte und wenn bei einer atmosphärischen Strahlenbrechung von 34′ statt der veränderlichen eine mittlere nördliche Abweichung des Mondes von 8°29′ angenommen wird?

Auflösung. Man berechnet aus dem sphärischen Dreieck Pol Zenith Mond den Stundenwinkel für einen Zenithabstand von 90°34′ und findet 13 Stunden 38 Minuten für die Dauer der Sichtbarkeit. Der wirkliche Wert von 13 Stunden 41 Minuten weicht in diesem Falle ungewöhnlich wenig ab.

37. Wie verändert sich von der atmosphärischen Strahlenbrechung abgesehen in Bremen unter 53°5′ n. Br. die Morgenweite der Sonne vom 1. zum 2. April, wenn die nördliche Abweichung derselben bei ihrem Aufgang von 4°36′ zu 4°59′ anwächst?

Antwort. Am 1. April geht sie 7°40′, am 2. April 8°19′ nördlich vom Ostpunkte auf.

38. Unter welchem Winkel müsste die Erdaxe gegen die Ekliptik geneigt sein, wenn die Sonne für den 53. Grad nördlicher Breite am längsten Tage genau in nordöstlicher Richtung aufgehen sollte?

Auflösung. Aus der Gleichung $\sin 45 \cos 53 = \sin \delta$ ergiebt sich $\delta = 25°11'$ oder eine Neigung der Erdaxe von 64°49′.

39. Wieviel Uhr ist es nach wahrer Sonnenzeit, wenn die Sonne am 12. Mai bei

[1]) Zusätze zum Abschnitt XVI der physikalischen Aufgaben des Verfassers, Berlin, J. Springer 1892. Vgl. *d. Zeitschr. V 322.*

einer nördlichen Abweichung derselben von 18° 11′ in Hannover unter 52° 22′ n. Br. genau im Westen steht?

Antwort. 5 Uhr 1 Minute.

40. Wie gross ist die nördliche Abweichung und die Höhe der Sonne in Basel unter 47° 34′ n. Br., wenn sie Nachmittags 4 Uhr noch 18° 28′ vom Westpunkt entfernt ist?

Antwort. Die nördliche Abweichung beträgt 6° 45′, die Sonnenhöhe 24° 57′.

41. Unter der Voraussetzung, dass die Sonnennähe genau auf den 21. Dezember fällt, nach dem zweiten Keplerschen Gesetze die Länge der Jahreszeiten zu berechnen, wenn $^1/_{60}$ als Excentrizität der Erdbahn angenommen wird.

Auflösung. Die von der Sonne als dem Mittelpunkt der Bewegung ausgerechnete Winkelgrösse der Erdbahn beträgt 180° für je zwei Jahreszeiten. Errichtet man also im Brennpunkt der elliptischen Erdbahn auf ihrem grossen Durchmesser eine Senkrechte, so teilt dieselbe die Ellipse in die beiden Flächen, welche vom Radius vector während des Winterhalbjahrs und während des Sommerhalbjahrs beschrieben werden und welche das Verhältnis der beiden Zeitabschnitte ausdrücken. Um die Flächenstücke genau zu bestimmen, errichte man eine zweite Senkrechte in der Mitte des grossen Durchmessers und verlängere die Senkrechten, bis sie den um den Mittelpunkt mit der grossen Halbaxe beschriebenen Kreis schneiden und berechne aus dem durch den Durchmesser des Kreises und die parallele Sehne des Brennpunkts begrenzten Flächenstück nach dem Verhältnis der Halbaxen die entsprechende Fläche der Ellipse, um sie dann zu der halben Ellipse auf der einen Seite zu addieren und auf der anderen Seite davon zu subtrahieren.

Eine viel einfachere und doch hinreichend genaue Auflösung erhält man dadurch, dass man das von dem kleinen Durchmesser der Ellipse und der durch den Brennpunkt gelegten parallelen Sehne begrenzte Flächenstück als Rechteck ansieht, was bei der geringen Excentrizität nur eine geringe Abweichung veranlasst. Bezeichnet man die Länge der grossen Halbaxe mit 60, so erhält man 59,99 für die kleine Halbaxe und 120 als Inhalt der Fläche zwischen dem kleinen Durchmesser und der parallelen Sehne. Der Inhalt der ganzen Ellipse erhält 11 308 Quadrateinheiten und er wird in die Teile 5774 und 5534 zerlegt. Teilt man 365,25 nach demselben Verhältnisse, so findet man für die im vorliegenden Falle natürlich gleich langen Jahreszeiten Herbst und Winter zusammen 178,75 Tage oder 89,4 für eine allein, während der genaue Wert 89,5 beträgt.

42. Um wieviel wird in Helgoland unter 54° 11′ n. Br. die Tagesdauer des 2. September durch die atmosphärische Strahlenbrechung von 34′ vergrössert, wenn die mittlere nördliche Abweichung der Sonne an diesem Tage 7° 56′ beträgt?

Auflösung. Man berechnet zunächst in gewöhnlicher Weise die Tagesdauer und findet 13 Stunden 29 Minuten. Dann bestimmt man aus dem sphärischen Dreieck Nordpol, Zenith und Sonne, in welchem die Seite Zenith-Sonne 90° 34′ beträgt, den Stundenwinkel der aufgehenden Sonne und erhält dadurch eine Tagesdauer von 13 Stunden 37 Minuten. Die Tageslänge ist also durch die Strahlenbrechung um 8 Minuten vergrössert. *W. Müller-Erzbach, Bremen.*

43. In dem Winkelraum zwischen den Geraden Ox und Oy liegen zwei Punkte a und b. Wie verläuft eine von a über Ox und Oy nach b gespannte Schnur? Wie verläuft sie, wenn sie mehrmals abwechselnd über Ox und Oy geschlungen wird?

Da der Weg der gespannten Schnur ein kürzester ist, ergibt sich die Lösung construktiv unter Anwendung des heronschen Reflexionsgesetzes. Wird die Schnur um Ox und Oy nur je einmal geschlungen, so verbinde man die zu a und b bezüglich Ox und Oy symmetrischen Punkte; diese Gerade schneidet die Strahlen Ox und Oy in den Punkten, über welche die gespannte Schnur hinwegführt. Ähnlich verfährt man, wenn die Schnur etwa zweimal um Ox und dazwischen einmal um Oy oder zweimal um Ox und Oy etc. geführt wird. *J. Wanka, Prag.*

Kleine Mitteilungen.

Über die scheinbare Breite eines schräg in eine Flüssigkeit getauchten Stabes.

Von **A. Blümel** in Berlin.

Die Erscheinungen, welche ein schräg in eine Flüssigkeit getauchter Stab zeigt, lassen sich am einfachsten an dem im 4. Heft des II. Jahrgangs dieser Zeitschrift beschriebenen Apparat verfolgen, dessen Beschreibung, da derselbe inzwischen zur Erzielung grösserer Genauigkeit in einigen wesentlichen Punkten abgeändert wurde, hier noch einmal kurz wiederholt werden möge.

An einer kreisrunden Scheibe (Fig. 1) sind im Mittelpunkte zwei Lineale drehbar angebracht, deren Endpunkte vermittelst zweier Maassstäbe in eine bestimmte Entfernung von dem auf der Scheibe gezeichneten senkrechten Durchmesser eingestellt werden können. Bringt man beide Linealenden in gleiche Entfernung (etwa 30 mm) vom senkrechten Durchmesser der Scheibe, so werden beide Lineale eine gerade Linie bilden. Taucht man nun die Scheibe bis zu ihrem horizontalen Durchmesser, welcher ebenfalls gezeichnet ist, in eine Flüssigkeit, etwa Wasser, und befestigt die Scheibe an einer neben dem Gefäss stehenden Säule in dieser Lage, so wird ein in der Verlängerung des oberen Lineals befindliches Auge das untere Lineal gehoben und etwas gekrümmt sehen, und es muss das obere Lineal gesenkt werden, damit das in der Verlängerung desselben befindliche Auge wieder eine gerade Linie sieht. Liest man bei dieser Stellung die Entfernung des oberen Linealendes vom senkrechten Durchmesser ab, so erhält man, wenn das untere Lineal auf 30 mm eingestellt war, eine Entfernung von 40 mm und damit den Brechungsexponenten für Wasser 40/30. In der oben angeführten Beschreibung habe ich näher auseinandergesetzt, wie durch diese Beobachtung bei verschiedenen Stellungen des unteren Lineals das Gesetzmässige dieser Erscheinung gefunden, das Snelliussche Brechungsgesetz also bestätigt werden kann.

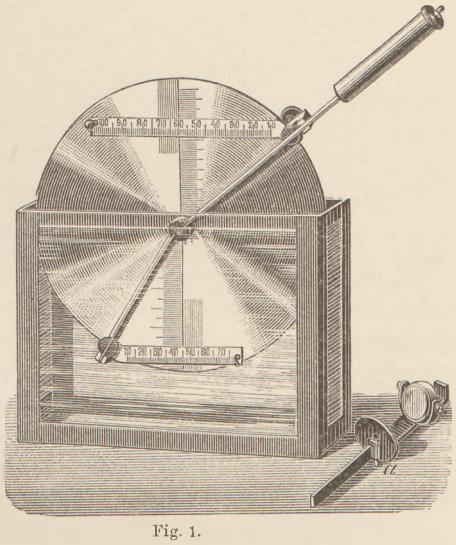


Fig. 1.

Die Leichtigkeit, mit welcher die Einstellung der beiden Lineale jetzt seitens der Schüler erfolgt, ist so gross, dass der Fehler einer einzelnen Einstellung des oberen Lineals 0,1 mm nicht übersteigt, so dass der Brechungsexponent einer Flüssigkeit durch eine einmalige Einstellung sich bis auf einige Einheiten der dritten Dezimale genau ergiebt. Um diese grössere Sicherheit der Einstellung zu erzielen, habe ich die beiden drehbaren Lineale nicht mit einer scharfen Schneide, wie der obige, aus der früheren Beschreibung entnommene Holzschnitt noch zeigt, versehen, sondern dieselben ungefähr 3 mm breit herstellen und diese 3 mm breite „Kante“ mit weissem Lack überziehen lassen, so dass die Einstellung des oberen Lineals bei einer bestimmten Stellung des unteren in kürzester Zeit mit absoluter Sicherheit erfolgt, da die gerade Linie dem beobachtenden Auge in ihrer ganzen Länge deutlich sichtbar ist.

Bei der Bestimmung des Brechungsexponenten von Flüssigkeiten nach dieser Methode habe ich nun, wenn das untere Lineal immer schräger gegen den senkrechten Durchmesser gestellt wird, (d. h. wenn man die senkrechte Entfernung des unteren Linealendes etwa auf 60 mm anwachsen lässt, so dass fast der Grenzwinkel erreicht wird, bei dem totale Reflexion eintritt,) die Beobachtung gemacht, dass dann das untere Lineal bedeutend schmäler erscheint als das obere, welches man natürlich auf 80 mm einstellen musste, um eine gerade Linie zu sehen, so dass, während das obere die Breite von 3 mm hat, das untere etwa noch die Breite von 1 mm und weniger zu haben scheint. Dieses Schmälerwerden

nimmt nun mit wachsendem Winkel zu, so dass, während man bei der oben erwähnten Stellung der Lineale von 40 und 30 mm kaum eine Veränderung der Breite des unteren Lineals beobachtet, dasselbe schliesslich für den Grenzwinkel nur eine ganz schmale, scharfe Linie zu sein scheint. Wir müssen uns also die Frage vorlegen, wie sich die scheinbare Breite des unteren Lineals mit wachsendem Winkel ändert, natürlich für den Fall, dass sich das beobachtende Auge in der Verlängerung des auf eine gerade Linie eingestellten oberen Lineals befindet.

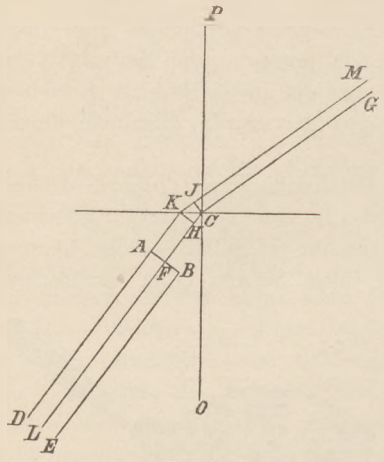


Fig. 2.

Stellt (in Fig. 2) C den Mittelpunkt der Scheibe, $ABDE$ die 3 mm breite „Kante" des unteren Lineals dar und ist das obere Lineal so eingestellt, dass das untere die Verlängerung des oberen zu bilden scheint, ist ferner F der Halbierungspunkt der Linie AB des unteren Zeigers, so wird ein Lichtstrahl, der von F in der Richtung des unteren Lineals die Wasseroberfläche in C trifft, nach dem Snelliusschen Brechungsgesetz in der Richtung CG dieselbe verlassen. Dasselbe trifft für alle Punkte der Linie FL zu. Bezeichnet man nun $\sphericalangle FCO$ mit α und $\sphericalangle GCP$ mit β, so besteht die Gleichung $\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = e$, wo e der Brechungsexponent der Flüssigkeit ist. Von den Lichtstrahlen, die von der Linie AD ausgehen, werden nur diejenigen in das in der Verlängerung von CG befindliche Auge gelangen, welche parallel FC die Oberfläche des Wassers treffen, also auch parallel CG etwa in der Richtung KM aus dem Wasser austreten.

Dem in der Richtung des oberen Lineals befindlichen Auge wird also die wirkliche halbe Breite AF des unteren Lineals so breit wie die Linie CJ erscheinen, wenn $CJ \perp KM$ ist. Fällt man nun von K auf FC eine Senkrechte KH, so stellt KH die wirkliche, CJ die scheinbare halbe Breite des unteren Lineals dar.

Im Dreieck KHC ist $\sin KCH = \frac{KH}{KC}$ also $KH = KC\cos\alpha$,

im Dreieck KJC ist $\sin JKC = \frac{JC}{KC}$ also $JC = KC\cos\beta$,

also verhält sich $\frac{JC}{KH} = \frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$.

Bezeichnet man die scheinbare Breite des unteren Lineals mit d_1, die wirkliche mit d, so besteht also das Gesetz

$$\frac{d_1}{d} = \frac{\cos\beta}{\cos\alpha},$$

und dieses Gesetz gilt natürlich für jeden schräg in eine Flüssigkeit getauchten Stab.

Da neben der Gleichung $\frac{d_1}{d} = \frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$ noch die Gleichung $\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = e$ besteht, so erhält man für die Berechnung von d_1 die Gleichung $d_1 = \frac{d}{\cos\alpha}\sqrt{1 - e^2\sin^2\alpha}$ und für die verschiedenen Winkel α die in der folgenden Tabelle berechneten Werte für d_1, wenn $e = 1{,}333$ gewählt wird.

α	d_1	α	d_1
5°	0,9975 d	40°	0,6768 d
10°	0,9880 d	45°	0,4799 d
20°	0,9476 d	48°	0,2250 d
30°	0,8622 d	48° 40'	0,0712 d

Diese Tabelle zeigt, dass die Verschmälerung für die Winkel $0 - 30°$ kaum merklich ist, dagegen schnell wächst in der Nähe des Grenzwinkels, und dass endlich für den Grenzwinkel selbst, wie auch die Beobachtung zeigt, $d_1 = 0$ wird.

Für die Bestimmung des Brechungsexponenten mit Hilfe des oben kurz beschriebenen Apparates ist diese Verschmälerung des unteren Lineals, selbst wenn sie in der Nähe des Grenzwinkels sehr gross wird, nicht störend, da die Einstellung des oberen Lineals in der scheinbaren Verlängerung des unteren von der scheinbaren Breite des unteren unabhängig ist.

Die Ablenkung des Strahles beim Prisma.

Von **Kuhfahl** in Landsberg a. W.

Die folgende Ableitung erscheint mir als die natürlichste und klarste, da sie sich aus der Aufgabe unmittelbar ergiebt.

Es sei α der Einfallswinkel, β der Brechungswinkel, n Brechungsexponent, so ist die Ablenkung des gebrochenen Strahles $\delta = \alpha - \beta$ und

$$\sin \alpha = n \sin \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I}$$

Wenn nun α um die sehr kleine Grösse x, β um y zunimmt, so ist

$$\sin (\alpha + x) = n \sin (\beta + y) \quad \ldots\ldots\ldots \text{II}$$

Da nun $\sin x = x$, $\cos x = 1$, $\sin y = y$, $\cos y = 1$, so erhält man durch Entwicklung von II und Subtraktion von I

$$x \,.\, \cos \alpha = y \,.\, n \cos \beta \quad \ldots\ldots\ldots \text{III}$$

Man eliminiert β mit Hilfe von I und erhält

$$\frac{x}{y} = \sqrt{\frac{n^2 (1 - \sin^2 \beta)}{\cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{n^2 - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} + 1}\,.$$

Sei z die Zunahme von δ, so ist

$$z = x - y = y \left[\sqrt{\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} + 1} - 1 \right],$$

also für $n > 1$ stets positiv, für $n < 1$ stets negativ.

Seien nun für den Austritt des Strahles α' und β' die entsprechenden Winkel, so ist, da $\beta + \beta'$ gleich dem brechenden Winkel, die Abnahme von β' gleich der Zunahme von β, also die Abnahme der Ablenkung δ':

$$z' = y \left[\sqrt{\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha'} + 1} - 1 \right].$$

Die Zunahme der Gesamtablenkung beträgt also

$$z - z' = y \left[\sqrt{\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} + 1} - \sqrt{\frac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha'} + 1} \right]$$

$$= y \cdot \frac{\dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} - \dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha'}}{\sqrt{\dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} + 1} + \sqrt{\dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha'} + 1}}$$

$$= y \,.\, (n^2 - 1) \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha'}{\sqrt{\dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha} + 1} + \sqrt{\dfrac{n^2 - 1}{\cos^2 \alpha'} + 1}}$$

Wenn also α von 0 ab wächst und $n > 1$, so ist $z - z'$ negativ, die Ablenkung nimmt ab bis $\alpha = \alpha'$, von da ab ist $z - z'$ positiv, die Ablenkung nimmt wieder zu. Bei $\alpha = \alpha'$ liegt also ein Minimum der Ablenkung. Ist dagegen $n < 1$, so ist $z - z'$ zuerst positiv, dann negativ, für $\alpha = \alpha'$ ergiebt sich also ein Maximum der Ablenkung.

Über eine zweckmässige Einrichtung der Reibzeuge an Elektrisiermaschinen.

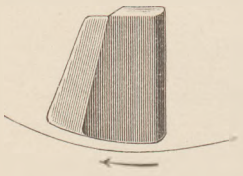
Von Prof. **W. Holtz** in Greifswald.

Jeder Physiker weiss, welche Übelstände die Anwendung des Fettes bei der Befestigung des Amalgams an den Reibzeugen der Elektrisiermaschinen mit sich bringt. Es bleibt nicht am Reibzeuge, sondern setzt sich nach und nach auch an die Scheibe, nimmt Teile des Amalgams mit, so dass leitende Streifen auf ihrer Fläche entstehn, vermischt sich mit Staub und wird nach und nach immer härter, so dass schliesslich eine

Reibung von Glas an Amalgam gar nicht mehr statt haben kann. So geschieht es denn, wenn eine Maschine lange nicht gebraucht ist, dass man alles erst wieder neu herrichten muss, damit sie überhaupt wirksam sei. Andrerseits weiss jeder, dass das Amalgam einmal ein notwendiges Requisit ist, dass alle andern metallischen Flächen auch nicht annähernd dieselbe Wirkung zeigen. Ich dachte deshalb auch nicht daran, das Amalgam durch andere Stoffe zu ersetzen, aber ich dachte wiederholt darüber nach, ob man es nicht auf bessere Weise befestigen könne. Wie es häufig geschieht, bin ich erst zuletzt auf das einfachste Mittel verfallen, das ich nun beschreiben will.

Es giebt im Handel das sogenannte unächte Silberpapier, dessen metallische Fläche der Hauptsache nach aus Zink besteht. Verreibt man hierauf ein Tröpfchen Quecksilber, so hat man eine Fläche, wie sie dem vorliegenden Zwecke völlig entspricht. Das Metall nimmt das Quecksilber nicht leicht an, vermutlich, weil es einen vor Oxydierung schützenden Überzug hat; aber es schadet auch nichts, wenn die Fläche nicht homogen wird, wenn nur einige Stellen die Amalgamierung zeigen. Es ist dies besser sogar, weil sonst die Adhäsion so gross ist, dass man die Scheibe, zumal zu Anfang, nur schwer in Bewegung bringen kann.

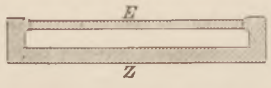
Um das neue Mittel zu versuchen, giebt es zwei Wege. Ich möchte raten, das bisherige Polster der Reibzeuge ganz zu entfernen und statt dessen ein Stück möglichst dicken Tuches so auf die Fläche zu kleben, dass es diese grade deckt. Auf die Längskante und zwar die, an welcher die Scheibe einläuft, leime man dann die umgebogene Kante eines Stückes feinsten Papiers, welches oben und unten mit dem Kissen abschneidet, aber dort, wo die Scheibe ausläuft, ein gut Teil übersteht. Das Papier muss sehr dünn sein, damit es nur wenig leitet; ist kein sehr feines Briefpapier am Orte, so nehme man Seidenpapier. Es ist besser, wenn es nahe dem Scheibenrande weiter übersteht, so dass seine Endkante nahezu radial gerichtet ist (s. Figur). Dann klebe man auf dieselbe Längskante die umgebogene Kante eines Stückes Silberpapier, das auch oben und unten mit dem Kissen abschneidet, aber nur wenig breiter als dieses ist. Der andere Weg ist der, dass das vorhandene Polster bleibt aber möglichst von dem alten Amalgam gereinigt wird, und dass auch die Flügel aus Seide oder Wachstaffet bleiben, so dass man nur das Silberpapier wie oben zu befestigen braucht. Man kann zur Befestigung desselben dann auch Reissbrettzwicken benutzen, wenn es sich nur um eine vorläufige Probe handeln soll. Amalgamieren thut man am besten erst nach der Befestigung und nur einen centimeterbreiten Längsstreifen, der nahe der Einlaufskante liegt. Dass die Scheibe zuvor sorgfältig gereinigt werden muss, um nicht den alten Übelständen wieder Raum zu geben, versteht sich von selbst.



Ich benutze das Mittel schon seit Jahren, und meine Maschine wirkt hierbei vorzüglich, so oft ich ihrer bedarf. Ich brauche nur zeitweise den Staub von der amalgamirten Fläche zu wischen und ein cubicmillimeter-grosses Tröpfchen Quecksilber aufs neue auf derselben zu verreiben.

Für die Praxis.

Demonstration der verschiedenen Wärmeausdehnung zweier Metalle. Von N. Drenteln in St. Petersburg. Um die Verschiedenheit der Wärmeausdehnung zweier Metalle zu zeigen, benutze ich folgende sehr einfache Vorrichtung. Ein Eisen- oder Stahlstäbchen E von 15 bis 20 cm Länge wird zwischen den Enden eines Zinkstäbchens Z von der nebenstehendenForm so eingesetzt, dass es genügend fest liegt, ohne eingeklemmt zu sein. Taucht man das Ganze in warmes (ev. heisses) Wasser, so fällt das Eisenstäbchen bald heraus, da der Wärmeausdehnungscoefficient des Zinks $2^1/_2$ mal so gross ist als der des Eisens.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein neuer kapillarer Schwimmer. Von G. VAN DER MENSBRUGGHE und F. LECONTE. Als Schwimmer dient ein Hohlkegel aus Weissblech, dessen Basis eine Kreisfläche von 9 cm Durchmesser ist und dessen Höhe 4 cm beträgt. An die nach unten gekehrte Spitze ist mittelst eines Eisendrahtes ein Körbchen angehängt, das zur Aufnahme des nötigen Ballastes dient. Die Basis des Kegels ist mit einem Wachsüberzug versehen, in dem senkrecht zur Fläche dünne Glasfäden stecken. Eine etwaige unsymmetrische Verteilung der Glasfäden wird durch Drehung eines Kupferdrahtes corrigiert, der horizontal an dem Körbchen befestigt ist. Lässt man den Kegel in einem Kübel mit Wasser schwimmen, so wird die durch ein wenig Seifenwasser bewirkte Verminderung der Oberflächenspannung dadurch weithin sichtbar demonstriert, dass der Schwimmer sich um etwa $2^1/_2$ cm hebt.

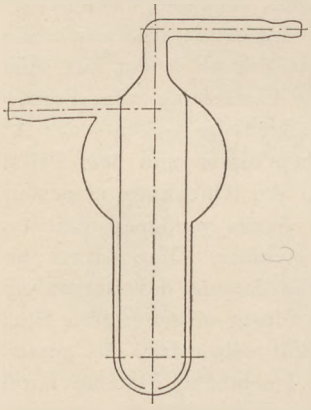
(*Ann. Soc. sc. de Brux. 16, 1, 67; 1892*).

Die Umkehrung der Natriumlinie. Von M. GLÖSER. Die Wichtigkeit dieser Erscheinung für die Erklärung der Fraunhoferschen Linien macht eine leichte objektive Demonstration derselben erwünscht. Wo kein elektrisches Licht zur Verfügung steht, empfiehlt sich die von Weinhold vorgeschlagene Benutzung des Sonnenlichts in Verbindung mit dem Skioptikon und einer durch Kochsalz gefärbten Bunsenflamme. Eine Abänderung dieses Verfahrens, die einen weniger umständlichen Apparat erfordert, ist folgende: Zur Hervorbringung der Fraunhoferschen Linien auf einem Schirm wird die in den meisten physikalischen Sammlungen für diesen Zweck vorhandene Combination eines Flintglasprismas mit einer achromatischen Linse von grösserer Brennweite verwandt. Die Schärfe des Spektrums gewinnt, wenn man zwischen das Prisma und den Spalt im Fensterladen noch einen zweiten mit Blende versehenen Spalt auf besonderem Stative bringt und beide Spalte möglichst genau parallel stellt. In hinreichend grosser Entfernung vom Fensterladen kommt das Prisma mit Linse zu stehen, und zwar zweckmässig so, dass der Abstand der ersten und zweiten Spalte sich zum Abstand zwischen dieser und dem Prisma ungefähr wie 5 : 4 verhält. Ist das Prisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt, so werden bei hinreichender Enge des zweiten Spaltes auf einem genügend weit entfernten Schirm die Fraunhoferschen Linien in grosser Zahl sichtbar. Man bringt nun dicht vor die Spalte im Fensterladen (2—3 cm davor) die Heizflamme des Bunsenbrenners und senkt in deren oberen Teil ein Metallnäpfchen mit einem erbsengrossen Stück Natriummetall. Die Höhe der Natriumflamme muss so gewählt sein, dass das gesamte durch die Fensterladenspalte fallende weisse Sonnenlicht die leuchtende Flamme durchsetzt. Sobald dies geschieht, nimmt man selbst aus grösserer Entfernung an der Stelle der *D*-Linie im Spektrum eine tiefschwarze Linie wahr. Eine gewöhnliche Kochsalzflamme liefert in diesem Falle kein befriedigendes Resultat.

(*Ztschr. für Realschulw. XVIII, 141; 1893.*)

Funkenspektra mittelst der Influenzmaschine. Von M. GLÖSER. Während zur Erzeugung der Gasspektra ein Funkeninduktor von minderer Güte ausreicht, erfordert die Hervorbringung der Spektra der schweren Metalle einen kräftig wirkenden Induktor, wie er sich in den meisten physikalischen Schulsammlungen nicht vorfindet. Dagegen liefert die mit Condensatoren versehene Influenzmaschine hinlänglich kräftige Funken zur Hervorrufung der Funkenspektra. Erforderlich ist für diese Versuche ein Funkenentlader mit gut von einander isolierten Metallstücken. Man schmilzt etwa Drähte aus den betreffenden Metallen in Glasröhren mit ausgezogenem Ende ein, und biegt die aus diesem herausragenden Drahtenden zu kleinen Ringen um, während man die entgegengesetzten Enden mit den Conduktoren der Influenzmaschine verbindet; die Röhren selbst werden in einem Halter vertikal übereinander befestigt. Statt primitiver Vorrichtungen dieser Art wird der Entlader von V. Schumann in der Ausführung, die E. v. Gothard ihm gegeben hat, empfohlen. (Man vgl. J. M. Eder in den Denkschriften der Wiener Akad.

Math.-nat. Kl. Bd. 57, 1890, S. 542). Die an diesem Apparat vorhandene Centriervorrichtung gestattet eine rasche und verlässliche Einstellung der Metallelektroden und eine wenig Zeit raubende Auswechselung der Metalle. Die Enden der Metalldrähte müssen in kleine Ringe umgebogen sein, damit keine die Funkenbildung beeinträchtigende Ausströmung stattfindet. Der Abstand der beiden Elektroden ist so zu wählen, dass die glänzenden Metalllinien die ganze Höhe des Spektrums erreichen. Ist der Elektrodenabstand zu gross, so reichen die glühenden Metalldämpfe nicht über die ganze Funkenstrecke fort und die Metalllinien erscheinen gegen die Mitte der Höhe des Spektrums hin unterbrochen. Besonders lehrreich ist die gleichzeitige Beobachtung zweier verschiedener Metallspektra (etwa Magnesium und Zink, Kupfer und Zink, Nickel und Silber), was am einfachsten so vorgenommen werden kann, dass man je eine der Elektroden aus einem der beiden Metalle bildet. Die Verbindung Kupfer-Zink z. B. zeigt getrennt, an der unteren und oberen Seite des Spektrums, dieselben Linien, die bei Messingelektroden auftreten. Bei diesen Versuchen müssen die beiden Metallenden (-ringe) möglichst vertikal übereinander stehen, damit der Funke thunlichst parallel zum vertikalen Spalt des Spektralapparates verlaufe. Dies wird allerdings dadurch erschwert, dass die Stellen der Metallringe, zwischen denen der Funke überspringt, jeden Augenblick wechseln. Nach Angström (*Ann. 94, 1855, S. 147*) kann man dem am wirksamsten dadurch begegnen, dass man die Ringe mit einer dünnen Lage Wachs überzieht; der Funke sprengt an einer Stelle die Wachsdecke und geht dann fortwährend von dieser aus. — Die Metallspektren zeigen sich bei Anwendung eines continuierlichen Funkenstroms selbst im halbverdunkelten Raum mit grosser Deutlichkeit. (*Ztschr. f. d. Realschulw. XVIII, 143, 1893.*)



Ein Gaswaschapparat. Von J. HABERMANN. Der Vorteil dieser Form des Absorptionsgefässes besteht darin, dass ihre Construktion das Zurücksteigen der Waschflüssigkeit verhindert. Dabei ist darauf Bedacht genommen die Dimension des Apparates möglichst einzuschränken, ohne die Wirksamkeit zu vermindern, um so die Zeit, welche sonst zum Verdrängen der im Waschgefäss enthaltenen Luft durch das zu reinigende Gas erforderlich ist, nach Möglichkeit abzukürzen. Die Figur giebt die Form des Waschgefässes in $^3/_8$ Grösse wieder; der Abstand zwischen der inneren und äusseren Röhre beträgt kaum mehr als 2 mm und der Apparat wird beim Gebrauch bis zu etwa $^1/_4$ der Höhe seines cylindrischen Teiles mit Waschflüssigkeit gefüllt.

Zu diesem Waschgefäss ist ein Träger empfehlenswert, der das Waschgefäss durch 4 federnde tulpenartig angeordnete Blechstreifen mit völlig genügender Sicherheit festhält. (*Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, Heft 11.*)

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Bolometrische Untersuchungen über die Stärke der Strahlung verdünnter Gase unter dem Einflusse der elektrischen Entladung. Von KNUT ANGSTRÖM. (*Wied. Ann. 48. 493. 1893*). Durch bolometrische Messung der von dem Anodenlicht Geisslerscher Röhren ausgesendeten Strahlung suchte ANGSTRÖM eine Beziehung zwischen der Gasstrahlung und dem Gasdruck, der Spannung und Stärke des durch das Entladungsrohr geleiteten Stromes zu finden. Das Entladungsrohr war an dem einen Ende durch eine mit Natriumsilicat aufgekittete Steinsalzplatte verschlossen und am anderen Ende an eine Quecksilber-Luftpumpe angeschmolzen, welche das Einführen und Verdünnen der zu untersuchenden Gase gestattete. Die Elektroden waren in zwei seitliche Ansätze des Entladungsrohrs eingekittet und führten einen von 800 kleinen Plantéschen Akkumulatoren herrührenden Strom ein, dessen Intensität durch eingeschaltete Jodcadmiumwiderstände (Hittorf, *Wied.*

Ann. I 559 1879) reguliert und durch ein Spiegelgalvanometer gemessen werden konnte. Zwischen den beiden Elektroden waren zwei Platindrähte in die Rohrwand eingeschmolzen, welche mit einem Quadrantelektrometer verbunden, das Potentialgefälle im Entladungsrohr angaben. Das Bolometer bestand aus zwei gleichen platinierten und berussten Stanniolgittern, welche, durch einen Schirm getrennt, hintereinander in ein doppelwandiges Metallrohr eingesetzt waren. Zur Abhaltung von Luftströmungen waren innerhalb des Rohrs vor den Gittern vier Diaphragmen angebracht. Die beiden Gitter bildeten zwei Zweige einer Wheatstoneschen Brücke, deren andere beiden Zweige denselben Widerstand wie die Gitter (5 Ohm) besassen. In einem der Zweige war ein Nebenschluss angebracht, mit dessen Hilfe vor jedem Versuche die relative Empfindlichkeit des Bolometers bestimmt wurde, damit die zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen unter einander verglichen werden konnten. Die Öffnung des Bolometerrohrs stand der Steinsalzplatte der Entladungsröhre gegenüber und war von dieser durch einen Doppelschirm getrennt, dessen Öffnung durch einen zweiten beweglichen Doppelschirm verschlossen werden konnte. Nach Schluss des Akkumulatorenstroms nimmt die auf das Bolometer fallende Strahlung infolge der Erwärmung der Röhrenwandung rasch zu, bis sie stationär wird. Wird sodann der Strom unterbrochen, so kommt nur noch die allmälig abnehmende Strahlung des erwärmten Rohres zur Geltung. Der ganze Vorgang wurde in Zeitintervallen von je einer Minute mit dem Bolometer verfolgt und aus der erhaltenen Kurve die Strahlung des Gases allein bestimmt. Die Strahlung verschiedener Gase zeigte sich sehr verschieden gross. Es liess sich keine Beziehung zwischen der Strahlung des Gases und seinem Absorptionsvermögen bei gewöhnlicher Temperatur auffinden. Die Grösse der Gesamtstrahlung ist bei constantem Gasdruck der Stromstärke proportional; mit zunehmendem Druck nimmt auch die Strahlung zu. Durch Vorschieben von Alaunplatten vor das Bolometer liess sich erkennen, dass mit abnehmendem Gasdruck die Strahlung immer mehr Lichtstrahlung wird. Die spektrale Verteilung der Strahlungsenergie hängt nicht von der Stromstärke, sondern nur von dem Druck des Gases ab, derart, dass mit abnehmendem Druck das Maximum der Energie gegen die violette Seite des Spektrums wandert. Zur Bestimmung des in Strahlung umgesetzten Teils der gesamten Stromenergie mussten die Bolometerausschläge auf absolutes Maass reduziert werden. Angström führte diese Aichung mit Hilfe seines Pyrrheliometers durch. Dasselbe besteht aus zwei gleichen berussten Kupferscheiben, in deren Rückseiten zwei Thermoelemente eingelötet sind, welche die Temperaturdifferenz beider Scheiben angeben. Der einen Scheibe wurde die berusste Bodenfläche eines cylindrischen Gefässes gegenübergestellt, durch welches Wasserdampf geleitet wurde, der anderen eine auf Zimmertemperatur erhaltene geschwärzte Kupferscheibe. Aus dem Wasserwert der Scheiben, welche die Strahlung empfangen, ihrer Temperaturdifferenz und der Zeit, welche verfliesst, bis nach Vertauschung der beiden Wärmequellen diese Temperaturdifferenz sich wieder herstellt, lässt sich die Strahlung der Bodenfläche des Dampfcylinders in gr cal/sec bestimmen. Derselbe Dampfcylinder wurde alsdann dem Bolometer gegenübergestellt und so der jedem Bolometerausschlag entsprechende absolute Betrag der Strahlung gefunden. Die Versuche ergaben, dass nur ein kleiner Teil der durch Stromstärke und Potentialdifferenz gemessenen Stromarbeit in Strahlung umgewandelt wird. Das Verhältnis der Gasstrahlung zur Stromarbeit ist bei verschiedenen Gasen verschieden gross, während die Strahlung der erwärmten Rohrwandung zeigt, dass durch dieselbe Stromarbeit die verschiedenen Gase auf nahezu die gleiche Temperatur gebracht werden. Mit abnehmendem Gasdruck nimmt das Verhältnis von Strahlung und Stromarbeit stetig zu.

Zur Erklärung der Thatsachen stehen zwei Theorieen zur Verfügung. Die erste, von R. v. Helmholtz herrührend, nimmt an, dass das Gas als homogene Masse an der Strahlung teilnimmt, dass die Temperatur des Gases von einer hin und hergehenden Bewegung der Moleküle, die Strahlung von intramolekularen Schwingungen der Atome herrühre. Im regulären Zustande besteht zwischen der translatorischen und der vibra-

torischen Bewegung für jede Temperatur ein festes Verhältnis, sodass die Strahlung eine Funktion der Temperatur ist. Überwiegt dagegen die vibratorische Bewegung, so findet eine irreguläre Strahlung statt, die von der Gastemperatur unabhängig ist. Die Strahlung der Gase bei elektrischer Entladung besteht aus einem regulären und einem irregulären Teil. Die Gesamtstrahlung ändert sich bei constantem Druck proportional der Stromstärke. Nimmt bei constanter Stromstärke der Gasdruck ab, so nimmt die reguläre Strahlung ab, die irreguläre umsomehr zu, je verdünnter das Gas ist. Da sich bei constantem Gasdruck die spektrale Verteilung der Strahlung von der Stromarbeit unabhängig zeigt, so muss man annehmen, dass bei Vermehrung der Energie der Gesamtstrahlung das Verhältnis zwischen den Intensitäten der verschiedenen Strahlungsgattungen constant bleibe. Dies entspricht jedoch nicht den Beobachtungen, welche über die Veränderung der Strahlung durch Temperaturerhöhung gemacht worden sind.

Nach der zweiten, der Arrheniusschen Dissociationstheorie nimmt man an, dass nicht die Gesamtmenge der Moleküle, sondern nur eine mit der Stromstärke proportionale Anzahl derselben die Überführung der Elektrizität in einem elektrolytischen Vorgange verursache. Die mittlere Temperatur des Gases hängt von der Anzahl der aktiven Moleküle, die Strahlung nur von dem Bewegungszustand der Moleküle ab, dessen Intensität und Schwingungsperiode einer sehr hohen Temperatur entsprechen können, während die mittlere Gastemperatur eine sehr niedrige ist. Bei constantem Druck nimmt proportional mit der Stromstärke die Anzahl der aktiven Moleküle zu und, da in jedem derselben ein bestimmter Teil der Stromenergie in Strahlung umgesetzt wird, so wächst die Strahlung in demselben Verhältnis. Durch die Änderung der Stromstärke wird, da die Anzahl der aktiven Moleküle relativ klein ist, die Dämpfung wenig beeinflusst; es bleibt daher die Zusammensetzung der Strahlung nahezu constant. Lässt man jedoch den Druck des Gases wachsen, so nimmt die Dämpfung zu, die anomale Strahlung wird dann leichter in eine normale der Temperatur des Gases entsprechende umgewandelt und die Strahlung wird reicher an ultraroten Strahlen. Zugleich wird ein grösserer Teil der zugeführten Energie zur Erwärmung des Gases benutzt, so dass bei constanter Stromarbeit die Gesamtstrahlung mit steigendem Druck abnehmen muss. *H. R.*

---

3. Geschichte.

Die Aragoschen Schlüssel. In der Vorrede zu seiner Thermodynamik erzählt BERTRAND folgende Anekdote: Als Ampère die gegenseitige Anziehung der Ströme entdeckt hatte, erntete er verdientermaassen die allseitige Bewunderung, es fehlte natürlich auch nicht an Missgünstigen, die sein Verdienst zu schmälern suchten. „Da man wusste", äusserste einer der Letzteren, „dass zwei Ströme auf ein und denselben Magneten eine Einwirkung ausüben, war es doch wohl von vornherein klar, dass sie auch eine Einwirkung auf einander äussern würden". Da zog Arago, der dies hörte, zwei Schlüssel aus der Tasche und sagte: „Jeder von diesen Schlüsseln zieht einen Magnet an; glauben Sie wohl, dass sie sich deshalb auch gegenseitig anziehen werden?" *H. H.*

Über den Gebrauch von unlegiertem Kupfer vor Beginn des Bronzezeitalters. Durch französische Ausgrabungen sind im Laufe der letzten Jahre eine grössere Anzahl von Überresten der ältesten chaldäischen Kultur zu Tage gefördert worden. Eine Probe von diesen — ein Votivfigürchen, welches auf ein Alter von 6000 Jahren geschätzt wird — ist Herrn BERTHELOT zur chemischen Untersuchung übergeben worden (*C. R. t. CXVI 161 ff., 1893*). Das Metall des Figürchens zeigte sich bis ins Innere völlig verändert und aussen mit einer dicken Patinaschicht überzogen. Es wurde ein mehrere Gramm schweres Stück analysiert. Dasselbe hatte folgende Zusammensetzung: 77,7 % *Cu*, 3,9 % H_2O, 6,1 % *O*, 1,1 % *Cl* ausserdem verschiedene Carbonate u. s. w.; jedoch war keine Spur von Zinn oder Zink vorhanden. Unzweifelhaft ist also das Figürchen seinerzeit aus unlegiertem, für technische Zwecke rein zu nennendem Kupfer hergestellt worden.

In chemischer Hinsicht interessant sind die Veränderungen, welche dieses Metall im Laufe der Jahrtausende erlitten hat. Der Analyse entsprechend nimmt Berthelot an, dass sich ein Teil, wahrscheinlich durch Einwirkung salzigen Wassers, in ein stellenweise mit Carbonaten vermischtes Oxychlorid verwandelt hat, während aus dem Reste ein krystallinisches, bisher unbekanntes Suboxyd Cu_3O geworden ist. Letztere Verbindung wäre also als das Endprodukt der langsamen Oxydation des Kupfers zu betrachten. Im übrigen bestätigt diese Analyse ebenso wie frühere Untersuchungen (vgl. *diese Zschr. II S. 305*) die Behauptung Berthelots, dass man in jenen weit zurückliegenden Zeiten sowohl in Chaldaea als in Ägypten Kunstgegenstände aus reinem Kupfer hergestellt hat. Dies wäre aber sicherlich nicht geschehen, wenn man die wertvollere und widerstandsfähigere Bronze gekannt hätte. Jedenfalls ist daher die Kenntnis des letzteren Stoffes verhältnismässig modern, und der Bronzezeit vorhergehend darf eine Periode des unlegierten Kupfers angenommen werden.

J. S.

---

4. Unterricht und Methode.

Über Einrichtung und Methode des physikalischen Unterrichts an Gymnasien. Vortrag von Rektor Dr. RECKNAGEL (Augsburg) auf der Philologen- und Schulmänner-Versammlung zu Wien am 24. Mai 1893, abgedruckt in der *Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterricht. XXIV. H. 4 (1893)*.

Im Beginn, führt der Vortragende aus, dass die Gymnasialbildung auch vom formalen und ethischen Gesichtspunkte aus durch ein ausgiebiges Heranziehen realer Bildungselemente ergänzt werden muss. „Würde man z. B. den Unterricht eines jungen Menschen von 16—19 Jahren auf das ihm durch Autorität Vermittelte beschränken, leitete man ihn nicht an, die eigene Kraft an wirklichen Problemen in der Weise zu versuchen, dass er schliesslich in sich die volle Überzeugung von der Wahrheit des Gefundenen hat, dann wird er auch schwerlich zur Selbständigkeit des Charakters gelangen, er wird ein Lerner und Nachahmer bleiben und jeder neuen Aufgabe, welche das Leben an ihn heranbringt, rat- und mutlos gegenüberstehen. Oder unterrichtet man ihn einseitig weitgehend in der Formengebung, im sprachlichen Ausdruck, ohne ihm gleichzeitig und in gleichem Maasse Erfahrungen geboten zu haben, reales Wissen, aus welchem er eigene Gedanken schöpfen könnte, dann erzieht man thatsächlich schwatzhafte kleine Heuchler, welche die Gedanken ihres Religions- und Geschichtslehrers, ihres deutschen Lehrers, vielleicht auch ab und zu den eines alten oder neuen Klassikers gewandt reproduzieren, wo sie dieselben für einträglich halten. Diese kleinen Spekulanten präsentieren sich gut, machen einen vortrefflichen, idealistisch schillernden Eindruck, sind aber nicht zu gebrauchen, wo es sich um ein schlichtes Referat handelt, bei dem es auf objektive Treue, unbestechliche Aufrichtigkeit, strenge Unterscheidung zwischen einer Thatsache und dem Erklärungsversuche derselben ankommt.“ Zu solchen wichtigen und fruchtbaren Übungen giebt den Stoff und die Anleitung die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften, insbesondere mit Physik und Chemie.

Im weiteren Verlauf wird dargelegt, wie auch der Staat ein hervorragendes Interesse daran habe, dass gerade die Absolventen des Gymnasiums eine gründliche physikalische Bildung mit ins Leben nehmen.

Nach einer Erörterung über den Umfang des zu Lehrenden wendet sich RECKNAGEL dem Lehrverfahren selbst zu und stimmt dem in dieser Zeitschrift oft vertretenen Grundsatze zu, dass der Unterricht nicht nur ein wohl begründetes zusammenhängendes Wissen vermitteln, sondern auch in die Methode einführen soll, durch die solches Wissen erworben wird. Er gibt ein lehrreiches Beispiel dafür, indem er darlegt, wie das Brechungsgesetz experimentell zu induzieren sei:

„Ein Stöhrerscher Projektionsapparat, in welchen statt der Petroleumlampe ein Auersches Gasglühlicht eingesetzt ist, wird durch einen weitgeöffneten Spalt abgeschlossen. Das Licht fällt, wenig divergent, auf den einfachen Müllerschen Apparat, der bis zur

halben Höhe der Teilung mit Wasser gefüllt ist. Es folgen zunächst von zwei Paar Schülern ausgeführt drei Einstellungen, bei welchen zu den Einfallswinkeln 0°, 12°, 20° die Brechungswinkel 0°, 9°, 15° abgelesen werden. Die Frage des Lehrers, ob hier nicht ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Einfalls- und Brechungswinkel hervortritt, wird sofort von vielen Seiten bejaht; das Verhältnis der beiden Winkel ist im zweiten und dritten Falle gleich und zwar von der Grösse $^4/_3$. Ist das Gesetz nun gefunden? Besteht kein Zweifel mehr? Wenn doch, wie ist die Untersuchung weiter zu führen? Wir berechnen nach dem vermuteten Gesetze den Brechungswinkel für grössere Einfallswinkel z. B. für 50°, erhalten aber durch den Versuch nicht den berechneten Winkel von 30°, sondern $28^1/_2$, zu 60° nicht 45° sondern 41°, und ferner noch 45° zu 70°. Wir sind nun überzeugt, dass unser vermutetes Gesetz nicht allgemein, sondern nur für kleine Winkel richtig ist. Und es entsteht somit die Frage, ob unser Gesetz nicht ein Fall eines allgemeineren Gesetzes ist, welches für kleine Winkel mit dem unsrigen übereinstimmt. Das Richtige ist nun bald herausgefragt, und die Bestätigung mittelst der Schlömilchschen Tafel II für die goniometrischen Funktionen, aus der man nur drei Stellen nimmt, wird mit allgemeiner Freude begrüsst."

Zutreffend hebt der Verfasser hervor, dass bei guter Vorbereitung des Versuchs und prompter Arbeit reichlich eine Stunde verbraucht sei, ohne dass der Schüler mehr gelernt hat als das einfache Brechungsgesetz, das man ihm ja auch sofort in wenigen Sekunden hätte sagen können und dessen experimentelle Herleitung überdies in der Maturitätsprüfung gewiss nicht vorkommt.

„Was hätte man nicht alles in der vergeudeten Stunde nehmen können? Sicher das Brechungsgesetz, die Construktion des gebrochenen Strahles, den Durchgang durch planparallele Platten und den Grenzwinkel, um dann mit Hilfe einiger eingeschalteter Rechnungs- und Übungsaufgaben in der folgenden Stunde die Mathematik auf das Prisma oder gar auf die Brechung an einer sphärischen Fläche anzuwenden und so der erwarteten Prüfungsaufgabe beträchtlich näher zu rücken!"

Dieses Beispiel zeigt in der That, dass man erheblich mehr Zeit nötig hat, den Lehrstoff experimentell und, wo es nötig ist, induktiv zu behandeln, als man braucht, um ihn dogmatisch vorzuführen und mathematisch einzuüben.

Vortrefflich spricht sich der Vortragende über die Rolle aus, die die Mathematik im physikalischen Unterricht zu spielen hat. Er verurteilt die mathematisch-physikalische Hetzjagd, die für den mittleren und schwächeren Schüler etwas Verwirrendes, Niederdrückendes hat, den guten Schüler aber um so mehr anödet, je lebhafter er sich für reales Wissen interessiert und je gründlicher sein Wahrheitsdrang entwickelt ist. Andererseits erkennt er an, dass die realen Einzelheiten nur unfruchtbares Material bleiben, wenn ihnen nicht die gestaltende Kraft der Mathematik zur bestimmten Form verhilft. Er bezeichnet es als einen Irrtum, dass man auf irgend einer Stufe physikalische Lehren ohne die formgebende Hilfe der Mathematik zu gedeihlichem Abschluss bringen könne. Er spricht sich deswegen auch gegen die propädeutischen Vorkurse aus, worin wir ihm indessen ebenso wenig wie die pädagogische Sektion der Wiener Versammlung beistimmen können. Die sachlichen Gründe für solche Kurse, die sich mit den Motiven der neuen preussischen Lehrpläne keineswegs decken, sind u. a. von A. Höfler *in dieser Zeitschr. VI 113* dargelegt worden. Auch lässt sich bei einer durch die Lehrpläne nicht geradezu unmöglich gemachten Begrenzung des Stoffes auch soviel Rechenkunst und Geometrie in Anspruch nehmen, als der Schüler der Mittelklassen beherrscht.

Eine zweite These des Vortragenden dagegen fand bei der Versammlung allgemeine Zustimmung und trifft mit Forderungen zusammen, die in dieser Zeitschrift wiederholt, wenn auch nicht inbezug auf österreichische Verhältnisse, laut geworden sind:

„Eine zugleich den Anforderungen der Pädagogik und der Wissenschaft entsprechende methodische Behandlung des gegenwärtig in Österreich für das Obergymnasium vorgeschriebenen Lehrstoffes dürfte in der sodann zur Verfügung stehenden Gesamtsumme

von zehn Wochenstunden nicht durchgeführt werden können. Ich komme vielmehr auf Grund meiner eignen nun 30jährigen sehr mannigfaltigen Lehrthätigkeit, in welcher ich sowohl positive als negative Erfahrungen zu machen Gelegenheit hatte, zu dem gleichen Resultate wie die Versammlung von Schulmännern zu Jena und wie Pietzker in der Poskeschen Zeitschrift, dass man mindestens 4 × 3 Lehrstunden nötig hat, um ein den Forderungen der Zeit angepasstes physikalisches Lehrprogramm — ohne Notbehelfe — methodisch richtig zu erledigen.

Dass dazu ein fakultatives physikalisches Praktikum kommen und die betreffende Zeit von wöchentlich zwei Stunden dem Lehrer der Physik unter die Pflichtstunden eingerechnet werden sollte, darin kann ich auf grund eigener sehr günstiger Erfahrungen meinem Kollegen Schwalbe vollkommen beistimmen."

Der Schluss der Rede bringt noch Vorschläge über die Art, wie in Österreich die noch fehlenden zwei Stunden gewonnen werden könnten, und weist auf den grossen Anteil an der Ausbildung des deutschen Stiles hin, der uns (den Physikern und Mathematikern) zufällt. *P.*

Didaktische Bemerkungen zur elementaren Mechanik. Von V. FAUSTMANN. Programm des Gymnasiums zu Czernowitz, 1892.

Unter sorgfältiger Berücksichtigung der in neueren Lehrbüchern angewandten Methoden und der in Zeitschriften veröffentlichten Vorschläge werden auf selbständige Art einige schwierigere Punkte der elementaren Mechanik behandelt, deren schulgemässe Darstellung noch nicht zum Abschluss gelangt sei. Dahin gehöre besonders die mathematische Behandlung stetiger Änderungen, wie sie bei der phoronomischen Definition der Geschwindigkeit und bei der Betrachtung der krummlinigen Bewegung erforderlich werde, ferner die Ausführung von Summationen, z. B. zur Bestimmung des Auftriebs, den ein Körper in einer Flüssigkeit erfährt. Auch wird die Einführung der Begriffe von Kraft und Masse, die Lehre vom Schwerpunkt, die Schwere auf der rotierenden Erde, die drehende Bewegung und die Ersetzung des physischen Pendels durch das mathematische nach ihren verschiedenen Behandlungsweisen genau erörtert. Dagegen wird die Einwirkung der Erdrotation auf irdische Bewegungen und das eigentümliche Verhalten von Körpern, die selbst schnell rotieren, von der theoretischen Behandlung im Gymnasium ausgeschlossen, da eine befriedigende Darstellung derselben eine gereiftere physikalische Auffassung voraussetze. Den Schluss bildet der Versuch einer Zusammenstellung dessen, was unter Beschränkung auf das Notwendigste als Lehrstoff des Gymnasiums festzuhalten sei. Im einzelnen heben wir aus dem Inhalte folgendes hervor.

Neben der phoronomischen Erklärung der Geschwindigkeit einer ungleichförmigen Bewegung sei die leichter verständliche dynamische möglichst heranzuziehen, bei der man annimmt, dass die Bewegung durch das Aufhören der Kraft in eine gleichförmige übergehe.

Der Satz, dass die durch eine gegebene Kraft zu erteilende Beschleunigung der Masse umgekehrt proportional sei, sei an der Fallmaschine nachzuweisen, nachdem die Vergleichung der Massen auf statischem Wege mittelst der von ihnen ausgeübten Gewichte erfolgt sei. Um den Unterschied zwischen Masse und Gewicht aufzuklären, seien einige Zahlenbeispiele recht nützlich, wie z. B. die folgenden, dass auf der Oberfläche des Planeten Mars 2 mg, auf der des Mondes 6 mg, auf der Erdoberfläche 1,017 bis 1,022 mg erforderlich seien, um den Druck von 1 Dyn hervorzubringen. Die als spezifisches Gewicht ausgegebenen Zahlen seien am besten als spezifische Massen, ähnlich die Atomgewichte als Atommassen zu bezeichnen. Es sei ferner nicht ausreichend, den Schwerpunkt als Angriffspunkt der Resultante aller Schwerkräfte eines Körpers zu erklären, er sei vielmehr der einzige Punkt, durch welchen die Resultante bei jeder Lage des Körpers hindurchgehe. Betrachte man als statisches Moment das Produkt aus einer Kraft und dem Abstande ihres Angriffspunktes von einer festen Ebene, so gebe der Satz von den Momenten keine bestimmte Lage des Schwerpunkts, sondern nur eine Linie als Ort desselben, weil der Angriffspunkt jeder Kraft unbestimmt sei. Wir glauben, dass diese

Unbestimmtheit am besten gehoben wird, wenn man die statischen Momente nicht auf die elementaren Schwerkräfte oder Gewichte, sondern auf die elementaren Massen des Körpers bezieht, und dass sich die andere Definition nur als Überbleibsel aus der Zeit erklärt, wo man zwischen Masse und Gewicht noch nicht scharf unterschied. Der Verfasser legt ferner Wert darauf, den Schwerpunkt nicht nur in seiner speziellen Beziehung zur Schwerkraft, sondern nach seiner allgemeinen Bedeutung für die Mechanik zu behandeln. Es sei also zu zeigen, dass ein Körper eine rein fortschreitende Bewegung ohne Drehung nur dann annehme, wenn die Resultante aller Kräfte durch den Schwerpunkt gehe. Die Betrachtungen über das Gleichgewicht der einfachen Maschinen seien nicht zu weit auszuspinnen und nicht von der Behandlung der Bewegungen zu trennen. Für den Hebel, der zugleich als Ausgangspunkt für die Drehung eines starren Körpers zu dienen habe, sei es völlig ausreichend, nachzuweisen, dass zwei Kräfte von gleichem Drehungsmoment und Drehungssinn einander ersetzen können.

Die Bedenken, die in neuerer Zeit gegen die alten Ableitungen der Centripetalbeschleunigung ausgesprochen sind, haben den Verfasser veranlasst, einen Weg einzuschlagen, der sich dem Verfahren der analytischen Mechanik anschliesst. Projiziert man die Bewegung eines Punktes P, der einen Kreis mit der gleichförmigen Geschwindigkeit c durchläuft, auf die beiden Coordinaten-Axen, so erhält man zwei schwingende Hilfspunkte P_1 und P_2, deren Geschwindigkeiten $c \sin \varphi$ und $-c \cos \varphi$ sind, und deren Beschleunigungen $= c^2 \cos \varphi / r$ und $c^2 \sin \varphi / r$ gefunden werden. Versetzt man die letzteren in unveränderter Grösse und Richtung an den ursprünglichen Punkt P, so ergeben sie die Resultante c^2/r in Richtung nach dem Mittelpunkt des Kreises. Im Gegensatz zu diesen Darlegungen des Verfassers scheint uns die Kreisbewegung einfacher als die schwingende, wir würden es daher für zweckmässiger halten, die Gesetze der letzteren durch Projektion aus der anderweitig gefundenen Formel c^2/r abzuleiten.

Es wird ferner auch diejenige Methode, welche die Bewegung längs des Kreises als ein beständiges Fallen in radialer Richtung ansieht, auf eine besondere Art entwickelt, welche den gegen diese Auffassung geltend gemachten Bedenken nicht ausgesetzt sei. Dagegen sei der Übergang von einer Bewegung im Sehnenpolygon und diskreten Kraftimpulsen zur Kreisbewegung nur dadurch einwurfsfrei zu machen, dass man den Impulsen eine gewisse Zeitdauer zuschreibe. Wir können dem nicht zustimmen, sondern glauben trotz aller bis jetzt erhobenen Einwendungen noch immer, dass gerade diese Methode durchaus klar und durchsichtig ist, einer Verbesserung nicht bedarf, durch die gemachten Verbesserungsvorschläge aber ihren Wert vollständig einbüssen würde.

Die an den Hodographen sich anschliessenden Ableitungen seien für die Schüler zu schwer, denn der Hodograph sei gewissermaassen eine Geschwindigkeits-Curve in Polar-Coordinaten als Bahn eines fingierten Punktes, dem Verständnis der Schüler bereite aber schon die Darstellung einer Beschleunigung als Function der Zeit in rechtwinkligen Coordinaten Schwierigkeiten. Wir würden aus dieser zugestandenen Thatsache nicht zu jenem Schlusse gelangen. Wenn man eine Beschleunigung als Ordinate zu der Zeit als Abscisse darstellt, so werden diese Grössen aus ihrem mechanischen Zusammenhange gerissen, das Verständnis wird nicht erleichtert, sondern durch unnatürliche Übergänge erschwert, die als Zeit zu begreifenden Grössen werden in heterogene Linien verwandelt. Der Hodograph dagegen ist nicht willkürlich an den Bewegungsvorgang herangebracht, sondern in ihm natürlich enthalten und durch ihn gefordert. Wenn beispielsweise ein Ball eine Wurflinie beschreibt, so ist es zum Verständnis der Bewegung nötig, in jedem Augenblicke die Geschwindigkeit nach Grösse und Richtung durch einen Pfeil (einen Vector) darzustellen, der von dem augenblicklichen Orte des Balles ausgeht. Alle diese Pfeile umhüllen die Wurflinie, wenn sie nach ihrer Lage im festen Raume betrachtet werden, es kann aber ebenso gut ihre Lage zu dem bewegten Körper selbst ins Auge gefasst werden, dessen Bewegung nicht etwa noch durch eine Rotation compliciert sein soll. Die sämtlichen dem Ball nach und nach einzusetzenden Pfeile bedecken dann

die Fläche des Hodographen. Diese Auffassung ist ebenso notwendig wie etwa bei der Bewegung eines um einen Punkt rotierenden Körpers nach Poinsot die Lage der Momentan-Axen ebensowohl im Raume als auch bezüglich des rotierenden Körpers selbst in Betracht zu ziehen ist. Dass man Grösse und Richtung einer Geschwindigkeit zugleich an einer Linie zur Anschauung bringt, ist nicht, wie der Verfasser will, eine Erschwerung des Verständnisses, eine solche wäre es vielmehr, wenn man die Geschwindigkeiten, in willkürlich veränderter Richtung neben einander gestellt, nur ihrer Grösse nach vergliche. Richtung und Grösse sind so verschiedenartige Merkmale, dass man nicht zu fürchten braucht, sie könnten mit einander verwechselt oder doch nicht gehörig auseinandergehalten werden. Stellt man doch auch bei dem Satze von dem Parallelogramm der Geschwindigkeiten Grösse und Richtung zugleich dar, und dieser Satz reicht aus, um zu zeigen, dass der Übergang von einer Geschwindigkeit PV zu einer andern PV_1 durch einen Impuls vermittelt wird, der nach Grösse und Richtung durch VV_1 dargestellt ist. Damit ist aber die Theorie des Hodographen begründet. Dass dieselbe auch in den Lehrbüchern den ihr gebührenden Platz einzunehmen beginnt, zeigt die neue, von Kindel ausgeführte Bearbeitung des Buches von Trappe, wo nicht nur die Kreisbewegung, sondern auch die Planetenbewegung mit Hilfe des Hodographen in einfacher Weise behandelt wird.

Die Centrifugal- oder Fliehkraft sucht der Verfasser der Ansicht gegenüber, nach der sie nur eine mathematische Fiction ist, für die elementare Mechanik zu retten, wenigstens sei sie nicht mehr Fiction als Reibung und Luftwiderstand. Wenn man eine Kugel an einem Bindfaden in einer horizontalen Kreisbahn herumzuschwingen beginne, was spanne denn da den Faden? Dies geschehe doch durch die, bei der Bewegung auftretende, der centripetalen Kraft entgegengesetzte Fliehkraft. — Was den Faden zuerst anspannt, ist eine die Kreisbewegung gar nicht berührende Frage. Soll eine Kreisbewegung zu Stande kommen, so muss man dem Faden schon vor Erteilung des tangentialen Stosses die erforderliche Spannung gegeben haben, ist sie nicht vorhanden, so geht die Kugel nicht im Kreise, sondern anfangs, so lange der Faden noch schlaff ist, gerade aus, nachher schwankt die Länge des Fadens um einen gewissen mittleren Wert, den sie nach Dämpfung der Schwingungen dauernd beibehält. — Die Fliehkraft soll unbedenklich aus dem Princip der gleichen Action und Reaction zu erklären sein. Ist es denn aber nötig, dass die Reaction centrifugal sei? Ist die in horizontaler Kreisbahn laufende Kugel dadurch mit dem Centrum verbunden, dass ein von ihr ausgehender Faden nach einem Ringe geführt ist, der einen im Centrum stehenden festen Stab mit einigem Spielraum umgiebt, so legt sich der Ring an den Stab an, auf ihn wirkt die Reaction des gespannten Fadens, sie wirkt aber centripetal, und zwar viel stärker als für die Kreisbewegung der am Stabe gleitenden Ringhälfte erforderlich ist, das Übermaass wird durch die Festigkeit des Stabes, der nach innen zusammengedrückt ist, wieder aufgehoben. Bewegt sich die Erde um die Sonne, so wirkt die Reaction der Erde auf die Sonne, diese steht daher nicht ganz fest als Centrum, sondern beschreibt selbst einen kleinen Kreis, wie die Erde einen grossen, um den Schwerpunkt des Systems, die Reaction dient hier wieder als Centripetalkraft. Würde die Bewegung dieser ruhend einander gegenüberstehenden Weltkörper durch einen geeigneten Stoss auf die Erde jetzt erst eingeleitet, so erhielte man die oben betrachtete Bewegung verbunden mit einer schwach fortschreitenden Bewegung des Schwerpunkts in Richtung des Stosses.

Denkt man sich einen gespannten Faden, an dem eine Masse im Kreise geschwungen wird, als eine Reihe von Molekülen, so werden auf jedes von den beiden Nachbarn Kräfte ausgeübt, die nahezu gleich sind und entgegengesetzte Richtung haben. Das ist aber kein Grund zur Annahme einer Centrifugalkraft. Denn wenn ein Gewicht an einem gespannten Faden hängt, so sagt man auch nur, durch die Spannung werde auf das Gewicht eine Kraft nach oben ausgeübt.

Wenn die populären Bücher noch immer an der wirklichen Existenz der Fliehkraft festhalten, so zeigen sie sich durchaus nicht von der Betrachtungsweise Galileis und

Newtons durchdrungen. Seit Galilei das Beharrungsvermögen erdachte, ist es nicht mehr nötig, dass ein Körper, der sich bewegen soll, Schritt für Schritt durch eine Kraft geführt werde. Es ist auch nicht mehr nötig, dass die Erscheinungen relativen Gleichgewichts beweglicher Körper auf rotierenden Scheiben einer besondern Kraft zugeschrieben werden. Man darf nur noch sagen, diese Fälle des relativen Gleichgewichts und auch manche Fälle relativer Bewegung auf rotierenden Scheiben böten einem mitrotierenden Beobachter, der die allgemeine Rotation nicht bemerkt, denselben Anblick dar, als ob die Scheibe wirklich feststände und zu den vorhandenen physikalischen Kräften noch eine fingierte, von der Rotationsaxe abgewandte, Fliehkraft hinzukäme. *M. K.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Akkumulatoren im Telegraphenbetrieb. Wie in London (vgl. *d. Ztschr. VI 100*) so sind auch in Berlin, einem Vortrage von K. STRECKER zufolge, schon seit dem Jahre 1886 Versuche mit elektrischen Sammlern angestellt worden, die neuerdings zur Verwendung von Sammlerbatterieen für den gesamten Betrieb geführt haben. Die Sammler brauchen nur von kleinen Dimensionen zu sein, der von W. A. Boese für diesen Zweck construierte hat bei 19 cm Höhe und 12,5 cm Breite ein Gesamtgewicht von 3,5 kg mit $^3/_4$ Liter Säurefüllung. Er besteht aus drei Elektrodenplatten, einer positiven und zwei negativen, der innere Widerstand ist 0,05 bis 0,06 Ω, die Kapazität beträgt 15 Ampèrestunden bei 1 Ampère Lade- und Entladestrom; eine Batterie von 80 solchen Zellen genügt zur Versorgung der längsten Leitungen, die bei dem Berliner Centralamt vorkommen. Durch Sicherheitswiderstände wird dafür gesorgt, dass der Strom nicht über 1 Ampère wachsen kann. Die Vorteile solcher Batterieen vor denen aus Kupferelementen sind mehrfacher Art. Das Haupttelegraphenamt bedurfte für etwa 240 Leitungen in 24 Stunden nur 5,3 Ampèrestunden, d. h. ebensoviel, als wenn jede Leitung ununterbrochen 0,0009 Ampere verbraucht hätte; bei dauerndem Stromschluss steigt aber die Stromstärke auf 0,013, also etwa das vierzehnfache des mittleren Stromverbrauchs. Nun werden die Betriebsbatterieen aus Kupferelementen in Rücksicht auf ihren inneren Widerstand so bemessen, dass sie den geforderten mittleren Strom leisten können; legt man sie dagegen zusammen zu einer Ladebatterie von sehr geringem inneren Widerstande, so vermag man damit ungefähr 14 mal so günstig zu arbeiten, d. h. die Ladebatterie, die ja ohne Unterbrechung Strom liefert, braucht nur ungefähr den 14. Teil der Kupferelemente zu enthalten, die durch die Sammlerbatterie ersetzt werden sollen. Die ferneren technischen Vorteile des Sammlerbetriebes stehen in engstem Zusammenhang mit dem geringen inneren Widerstand der Sammler; die Batterieen sind wegen dieser Eigenschaft gemeinsam für nahezu beliebig viele Leitungen zu benutzen, wodurch Einrichtung und Beaufsichtigung sich erheblich vereinfacht. Ein ebenfalls dadurch bewirkter wichtiger Vorteil ist der, dass sich die Ladung des Kabels leichter und rascher mit den Sammlern vollzieht; denn bei den Kupferelementen kann der Strom kaum über 0,2 Ampère steigen, während er bei den Sammlern sogar durch künstliche Mittel auf 1 Ampère beschränkt werden muss; auch die Schärfe des telegraphischen Zeichens hängt von der Raschheit der Ladung ab. Endlich pflegen Kupferelemente ihre Spannung und ihren Widerstand mit der Zeit beträchtlich zu ändern, auch ist ihre Klemmenspannung abhängig von den Isolirungsverhältnissen der Leitung; von all diesen Unzuträglichkeiten ist die Sammlerbatterie frei, sie ist daher eine sehr vollkommene Stromquelle für den Telegraphenbetrieb.

Auch die Kosten des Sammlerbetriebes sind geringer als die des Betriebes mit Kupferelementen. Während der letztere für ein Telegraphenamt mit 170 Kilowattstunden jährlicher Nutzarbeit sich auf 7200 M. stellt, beträgt er beim Betrieb mit Sammlern, wenn diese mit einer Kupferbatterie geladen werden, nur 3500 M., bei Ladung aus einem Elektrizitätswerk nur 1500 M. Die Ladung mit Thermosäulen Gülcher'scher Construktion würde ca. 4000 M. erfordern und complizierte Umschalter erfordern, aus diesem Grunde also weniger vorteilhaft sein als das Laden mit Kupferbatterieen, dem der Vortragende aus praktischen Gründen auch vor der Ladung aus Elektrizitätswerken den Vorzug giebt. (*Elektrotechn. Zeitschr. 1893, Heft 20.*)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende von Dr. E. Warburg. XX und 382 S. 8°. Freiburg i. Br. und Leipzig, J. B. C. Mohr, 1893. M. 7,60.

Mehr Leitfaden als Lehrbuch, hat das vorliegende Werk den Zweck dem Studierenden als Hilfsmittel bei den Vorlesungen zu dienen, eine Aufgabe, der es in hervorragender Weise gerecht wird. Durchaus auf dem Boden der modernen Anschauungen und Vorstellungen stehend, giebt der Verfasser eine sehr knappe Darstellung der physikalischen Lehren von einheitlichem Standpunkt aus. In dieser Einheitlichkeit, sowie in der vollkommenen Beherrschung und logischen Ausgestaltung des Stoffes liegt die Stärke des Buches, dagegen hat die Kürze der Entwickelungen und des Ausdrucks die nicht immer vermiedene Gefahr im Gefolge, dass der Leser, dem nicht das belebende Wort des Lehrers zu Hilfe kommt, unbefriedigt bleibt, oder mit einem dogmatisch überlieferten Resultat vorlieb nehmen muss, statt völlige Aufklärung zu finden (z. B. Art. 36, 91, 264, 270, 415, 419, 620—627 u. a). Abgesehen von solchen kleinen Ausstellungen macht aber die meist mustergiltige formale Behandlung des Stoffes, sowie das Eingehen auf die letzten Ursachen und Bedingungen und die Verknüpfung der Erscheinungen die Lektüre des Buches für den Kenner zu einem Genuss. Einzelnes in dieser Hinsicht herauszuheben ist kaum angängig. Eigenthümlich ist die Behandlung der Wellenlehre, die mit dem Schall verflochten ist. Als Schwingungsdauer wird erfreulicherweise durchgängig (auch beim Pendel) die Zeit eines Hin- und Herganges definiert, womit manches Misverständnis beseitigt wird. Die Darstellung des Galvanismus geht von der elektrometrischen Untersuchung des offenen Elementes aus, ein Verfahren, welches nicht genug empfohlen werden kann.

Einzelne kleinere Ungenauigkeiten lassen sich leicht verbessern (z. B. S. XX cm = Centimeter, cm = Cubikmeter; S. 58, Z. 19 v. o. 1 ccm Wasser = Cub. Meter; S. 10, Z. 2 v. u. Punkt der Achse; S. 61, Z. 2 u. ff. v. u.; S. 114, Z. 14 v. u. 1,405 statt 1.405; S. 139, Art. 317 — halbe Correktion, u. a.). *K. Noack, Giessen.*

Grundzüge der Physik, mit einem Anhang: Chemie und Mineralogie. Von Prof. Dr. H. Püning. Zum Gebrauche für die mittleren Klassen höherer Lehranstalten bearbeitet. Münster i. W. Aschendorf 1893. 208 S. M. 1,75.

Der vorliegende für die „Unterstufe“ bestimmte Leitfaden nimmt sich zum Ziel, „ein abgerundetes Bild der wichtigsten physikalischen Lehren“, gemäss den Worten der offiziellen Lehrpläne, zu geben. Die Frage, wie diese Worte auszulegen seien, überhaupt die ganze Frage der Stoffbehandlung auf der Unterstufe ist inzwischen so vielfältig besprochen, insbesondere auch in dieser Zeitschrift so gründlich erörtert worden, die Meinungen haben sich im Ganzen bereits so abgeklärt, dass es nur zu bedauern ist, wenn die Mehrzahl der bisher erschienenen, für die Unterstufe bestimmten Leitfäden diesen Erwägungen und Fortschritten der Methodik nicht genügend Rechnung getragen hat. Sehr bemerkenswert erscheint, was in dieser Hinsicht das jüngst herausgegebene Werk: „Deutschlands höheres Schulwesen im 19. Jahrhundert“ (im Auftrage des Ministeriums bearbeitet von C. Rethwisch) sagt: „Bezüglich der Auswahl des Lehrstoffes lassen die Lehrpläne grosse Freiheit; sie empfehlen nur, bei der Fülle des Stoffes auf diesen Gebieten und der verhältnismässig geringen dafür verfügbaren Stundenzahl auf eine angemessene Auswahl die grösste Sorgfalt zu verwenden. Man hat sich darüber verständigt, dass man darauf verzichten müsse, ein vollkommen abgerundetes Bild der wichtigsten physikalischen Lehren den von der Mittelstufe abgehenden Schülern in das praktische Leben mitzugeben; vielmehr ist man bestrebt, nur die einfachsten Lehren darzubieten, diese aber so durchzuarbeiten, dass ein klares, auf Anschauung begründetes und durch eigenes Nachdenken befestigtes Verständnis der betrachteten Naturerscheinungen erzielt wird.“ Diese Worte verdienten weit bekannt und nicht nur von den Autoren der Lehrbücher, sondern mehr noch von allen den physikalisch-chemischen Unterricht auf der Unterstufe erteilenden Lehrern beherzigt zu werden. Hält man hier noch die Ausführungen in dieser Zeitschrift hinzu, die darin gipfeln, dass ein cursorisch-encyclopädisches Durchlaufen des ganzen Gebietes durchaus zu vermeiden, vielmehr ein auch im einzelnen, ausgewählten Abschnitt auf Gründlichkeit und richtiger Induktion beruhendes Verfahren anzustreben sei (*d. Zeitschr. II 5, III 3, V 3, 4 u. a.*), so ist der Standpunkt hinlänglich gekennzeichnet, den Lehrgang und dementsprechend auch Lehrbuch auf der Unterstufe innehalten müssen — wenigstens so lange innehalten müssen, wie der Physikunterricht und überhaupt die Naturwissenschaften noch die jetzige Beschränkung und Stellung im Ganzen des Gymnasiallehrplanes besitzen.

Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkte den vorliegenden Leitfaden, so ist ihm der Vorwurf nicht zu ersparen, dass die Auswahl des Stoffes etwas zu weit ausgedehnt ist. Es

erhalten beispielsweise die Fallgesetze bis zur Ableitung der Formeln für v und s, ebenso die Centrifugalkraft, die spezifische Wärme, die Brechung des Lichtes in den verschiedenen Linsen, das Mikroskop — Kapitel, auf deren gründliche Bearbeitung im oben erwähnten Sinne der Unterricht leider wird verzichten müssen — eine ausführliche Darstellung. Es kann ja ein Lehrbuch etwas reichhaltiger sein als der Unterrichtsgang, dann wäre es aber zweckmässig gewesen, die weitergehenden Abschnitte durch ein Sternchen oder besonderen Druck zu kennzeichnen, welches letztere schon teilweise geschehen ist. Andererseits sind einige, allerdings wenige Kapitel nicht eingehend genug behandelt, z. B. die einfachen Maschinen, die ein wichtiges Thema der Unterstufe bilden. Beim Hebel ist der Momentbegriff nicht sorgfältig genug herausgearbeitet; es fehlen z. B. bestimmte Gewichtsbeispiele, nach deren experimenteller Vorführung erst das Hebelgesetz klar erfasst werden kann. Die Zurückführung von Rolle und Wellrad auf den Hebel fehlt ebenfalls. Wenngleich der Verfasser im Allgemeinen bemüht ist, vom Versuche und von der Erfahrung auszugehen, so ist doch das induktive Verfahren mehrmals vernachlässigt. Am auffälligsten sind in dieser Hinsicht die Ausführungen auf S. 37 und 38, woselbst, nach Besprechung allein des Hebels, in zwei Abschnitten der Begriff der „Mechanischen Arbeit“ und „Die goldene Regel der Mechanik“ eingehend erörtert werden. Es ist allzu dogmatisch, wenn es daselbst heisst: „Dieses beim Hebel bestätigte Gesetz erweist sich auch bei jedem anderen derartigen Instrumente (Rolle, Schraube u. s. w.) als richtig“. Alles dies gehört ans Ende der einfachen Maschinen — sobald dieselben erst anschaulich erfasst sind, ergiebt sich die Erkenntnis von selbst. Ebendahin gehört auch der sich unmittelbar anschliessende, mit „Arbeitsfähigkeit“ (für Energie) überschriebene Abschnitt, in welchem die Ableitung und Aufstellung der Formel für die lebendige Kraft $= Mv^2$ in mehrfacher Hinsicht nicht unbedenklich ist. Als ein Paar Einzelheiten seien noch erwähnt, dass die Abbildung des „elektrischen Flammenbogens“ (S. 122) mit der starken seitlichen Ausbiegung in dieser Stellung nicht zulässig ist. Der Ausdruck Flammenbogen und Bogenlicht stammt nur daher, dass Davy die Kohlenspitzen gerade horizontal gegenüberstellte; hierbei entstand, und zwar im wesentlichen durch den aufsteigenden Luftstrom, die so weit nach oben gehende bogige Form (wie G. R. Slaby bei seinen Vorträgen im diesjährigen Ferienkursus gelegentlich bemerkte). Warum heisst (S. 191) $NaHO$ Natriumoxydhydrat, während eine Zeile vorher KHO Kaliumhydroxyd genannt wird?

Die vorstehenden Bemerkungen sollen nicht den Eindruck erwecken, als beurteile Ref. das Buch vorwiegend ungünstig. Den erwähnten Mängeln — die fast alle derartig sind, dass sie in der Hand eines erfahrenen Lehrers paralysiert werden können — stehen erhebliche Vorzüge gegenüber. Das Charakteristische des Buches liegt in der Art, wie der Stoff dargeboten wird: es ist eine gewisse erzählende Darstellungsweise bevorzugt, die Thatsachen werden in klarer schlichter Sprache mehr im Zusammenhange mitgeteilt, so dass fast immer wohlgelungene, in sich abgeschlossene Bilder entstehen. Für die Oberstufe wäre aus verschiedenen Gründen eine derartige Abfassungsweise nicht am Platze, für die erste Einführung gewährt sie dagegen viele Vorteile. Sie legt den neuen Stoff dem Interesse des Schülers auf anziehende Art nahe und erleichtert ihm ein selbständiges Hineinarbeiten in denselben. Zudem erkennt man allenthalben das Bestreben, die Darstellung wirklich dem Standpunkt eines Tertianers und Sekundaners — deren Auffassungsvermögen für physikalische Vorgänge und abstrakte Erklärungen häufig genug in den Lehrbüchern zu hoch veranschlagt wird — anzupassen, wobei der Verfasser ersichtlich aus reicher Unterrichtserfahrung geschöpft hat. Es ist sicher leichter, ein Buch mehr wissenschaftlichen Charakters zu verfassen, als den Stoff methodisch so umzugestalten, dass er für ein jugendliches Verständnis aufnehmbar gemacht wird. So wird das Buch von strebsamen Schülern auch ausserhalb der Lehrstunden gewiss gern und mit grossem Nutzen in die Hand genommen werden. Unbeschadet der Darstellungsweise könnten indessen einzelne Gesetze noch präciser gefasst und schärfer hervorgehoben werden.

Nicht einverstanden ist Ref. mit dem „Anhang“: Chemie und Mineralogie. Schon dass diese Gebiete als Anhängsel betrachtet werden, entspricht nicht dem, was die „Lehrpläne“ wünschen. Es ist ferner in dieser Zeitschrift wiederholt darauf hingewiesen, dass für den chemisch-mineralogischen Lehrgang ein Halbjahr (in U II) erforderlich sei und das eingangs citierte Werk teilt diesen Standpunkt ebenfalls. Dementsprechend verlangte doch dieser ganze Teil eine gründlichere, die Induktion nicht hintansetzende Behandlung. Statt dessen ist aber ein unzulängliches systematisches Verfahren eingeschlagen, welches die neueren methodischen Arbeiten auf diesem Gebiete ganz unberücksichtigt lässt. — Trotzdem sei das Buch wegen seines wertvollen physikalischen Teiles bestens empfohlen. *O. Ohmann*, Berlin.

Lehrbuch der Physik. Für höhere Lehranstalten, sowie zur Einführung in das Studium der neueren Physik. Von Dr. H. Börner. Mit 470 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, Weidmann, 1892. XII und 584 S. M. 6.

Das vorliegende Lehrbuch stellt sich als das Ergebnis eines mehr als 18jährigen Unterrichts in der Physik dar. Nach dieser Erfahrung und in Übereinstimmung mit den neuen Lehrplänen wird der Stoff in zwei Stufen eingeteilt. Die erste Stufe enthält alles, „was ein gebildeter Mensch von physikalischen Vorgängen wissen muss, d. h. was der induktiven Behandlung mit einfachen Hilfsmitteln zugänglich ist;“ die zweife Stufe alles, „was mit Hilfe der Elementarmathematik deduktiv abgeleitet werden kann.“ Doch sind beide Stufen nicht einseitig induktiv oder deduktiv behandelt. „Die vorliegende Arbeit schreibt den Weg, auf dem man zum Schlusse gelangt, streng vor und lässt überall die logische Anordnung der Glieder einer Schlussreihe auch in der äusseren Form erkennen.“ Den Lehrer, welcher sich dadurch vielleicht beengt fühlt, beruhigt der Verfasser damit, dass ihm, abgesehen von der Freiheit in der Auswahl der Versuche, dieselbe Freiheit bleibe, wie dem Lehrer der Mathematik beim Gebrauch eines Elementarbuches. „Es dürfte allgemein zugegeben werden, dass der physikalische Unterricht einen doppelten Zweck hat, einmal, eine gewisse Summe von Kenntnissen zu übermitteln, sodann, durch Übung in der Anwendung der logischen Methoden formal bildend zu wirken.“ Ich glaube hierin täuscht sich der Verfasser. Es dürfte doch so allgemein nicht zugegeben werden, dass der physikalische Unterricht nur diesen doppelten Zweck hat. Die Hauptaufgabe des physikalischen Unterrichts ist, den Sinn für Beobachtung, d. h. für richtige Auffassung und Beurteilung der Wirklichkeit, zu wecken und auszubilden. Den Lehrer, der im Sinne des vorliegenden Lehrbuches unterrichtet, und, ich glaube, es geschieht dies nur noch recht selten, trifft der schwerwiegende Vorwurf, die Hauptaufgabe des physikalischen Unterrichts völlig zu verkennen und zu vernachlässigen. Logische Schulung bringen die anderen Lehrfächer in mehr oder weniger reichem Maasse, und auch der physikalische Unterricht lässt die Schüler in dieser Hinsicht nicht leer ausgehen. Aber wo sollen die Schüler beobachten lernen, wenn nicht im naturwissenschaftlichen, vor allem im physikalischen Unterricht? Hier die logische Schulung in den Vordergrund stellen ist sehr unlogisch. Die Methode des Verfassers verführt die Schüler zu einer Überschätzung der Deduktion. Als Beispiel diene die Behandlung des freien Falles auf der ersten Stufe.

„Mitteilung: Die Geschwindigkeit, welche ein Körper beim freien Fall am Ende der ersten Sekunde erlangt hat, beträgt 9,81 m. (Der Beweis folgt später). Gesetz: Die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers nach einer bestimmten Zeit erhält man, wenn man die Geschwindigkeit am Ende der ersten Sekunde mit der Zeit (in Sekunden) multipliciert. Beweis: Da der Körper in der ersten Sekunde eine Geschwindigkeit von 9,81 m erlangt, so erhält er, da die Kraft unaufhörlich wirkt, in jeder Sekunde dieselbe Geschwindigkeit hinzu, hat also am Ende der Zeit so viel mal 9,81 m Geschwindigkeit, als die Zeit beträgt.“ Wird der am mathematischen Beweise geschulte Anfänger in der Physik nicht eine irrige Vorstellung sich bilden, wenn er von einem Beweise für die Richtigkeit von 9,81 m als Grösse der Fallgeschwindigkeit am Ende der ersten Sekunde hört? Kann ferner durch blosse Vernunftgründe bewiesen werden, die Fallbewegung sei eine gleichförmig beschleunigte Bewegung? Wird mit dem „da“ und „so“ umgegangen, wie in dem angeführten Beweise, dann dürften die Schüler eher zu Schwätzern als zu logisch geschulten Denkern erzogen werden. Was nur durch Beobachtungen gewonnen werden kann, muss man den Schülern auch als Ergebnis von Beobachtungen bezeichnen. Vor dogmatischer Aneignung der Ergebnisse schützt selbst die Anschauung des herrlichsten Gebäudes der Wissenschaft nicht.

Die Mechanik und Akustik der ersten Stufe hat der Verfasser 1889 als Programmabhandlung erscheinen lassen. Der in dieser Zeitschrift *(III 148)* gemachte Einwand inbezug auf die Behandlung der einfachen Maschinen ist berücksichtigt worden. Während der Verfasser damals die Gesetze der einfachen Maschinen „nach dem Vorgange von Reis“ aus dem Princip der Erhaltung der Energie ableitet, wobei er diese Art der Behandlung als die einfachste und fruchtbringendste von ihm erprobt bezeichnet, polemisiert er jetzt ausdrücklich gegen Reis. Sonst sind geringe Äusserlichkeiten geändert worden. Die Beschreibungen von Apparaten werden nicht mehr als Begriffsbestimmungen aufgeführt Dagegen wird immer noch durch eine beiläufige Bemerkung abgemacht, dass bei Berechnung der Arbeit einer Kraft nur der Weg in Richtung der Kraft in Betracht zu ziehen ist. Die Mechanik des zweiten Teiles hat der Verfasser „nach dem Vorgange Buddes“ in die Mechanik des materiellen Punktes und die Mechanik der starren Körper eingeteilt. Er hätte sich darin auf beträchtlich ältere Vorgänger berufen können. Ferner rühmt es der Verfasser, dass er die allgemeinen Begriffe nicht an den Anfang, sondern an den Schluss des Ganzen gesetzt

habe, am Anfange wären sie inhaltsleere Definitionen. Kann man es aber billigen, dass auf S. 128 (2. Stufe, freier Fall) von der Beschleunigung gesprochen wird, ohne dass irgend welche Erklärung, was darunter zu verstehen sei, vorausgegangen ist oder zunächst folgt? Was hilft es dem Schüler, wenn endlich auf S. 556 steht: „Beschleunigung. Verhältnis der Geschwindigkeit zur Zeit (bei der ungleichförmigen ist die Zeit unendlich klein zu nehmen).“?

Der Inhalt beider Stufen ist überaus reich. Doch ist es nicht des Verf. Meinung, dass alles Dargebotene gleichmässig durchgenommen werde. In der Elektricitätslehre arbeitet der Verf. auf der ersten Stufe mit der Hypothese der Fluida, auf der zweiten Stufe ist „zum ersten Male (?) eine consequent durchgeführte, elementare Anwendung des Potentialbegriffs versucht worden.“ Zu einer Durchführung der Faraday-Maxwellschen Kraftlinientheorie hat sich der Verf. nicht entschliessen können.

Zum Schlusse sei noch bemerkt: Man breche doch mit der Beschreibung veralteter Apparate, wie des Saussureschen und Daniellschen Hygrometers und beschreibe das Koppesche und Regnaultsche. Man erwähne höchstens die anderen als überholt, statt umgekehrt zu verfahren.

R. Heyne.

Grundriss der Mechanik und Physik für Gymnasien, bearbeitet von Wilhelm Winter, Prof. am K. Alten Gymnasium in Regensburg. Mit 235 Abbildungen. München, Theodor Ackermann, 1892. 331 S.

Das Buch ist speziell für bayrische Gymnasien bestimmt, an denen erst jetzt die Physik als Lehrgegenstand eingeführt ist. Der Verfasser hat sich in Bezug auf Inhalt und Anordnung nach den Vorschriften des Lehrplanes gerichtet und bei der Ausführung mehr das Experimentelle und Praktische, als das Mathematische und Theoretische berücksichtigen wollen. Gleichwohl hat ihn das Bestreben, das Energiegesetz für alle Gebiete der Physik zu entwickeln, mehrfach zu eingehenderen theoretischen Darlegungen veranlasst. Die Anordnung weicht nur darin von der herkömmlichen ab, dass die „Bewegungslehre“ erst nach Schall und Wärme eingeschaltet ist, während die Statik nebst den allgemeinen Eigenschaften den Anfang macht. Das Kapitel von den allgemeinen Eigenschaften leidet auch hier wieder an all den öfter besprochenen Unzuträglichkeiten, die von neuem aufzuzählen zu weit führen würde. Man wird es in späterer Zeit kaum begreifen, dass solche Allgemeinheiten einmal an den Anfang des physikalischen Unterrichts gestellt werden konnten. Auch die Auswahl des Stoffes ist im ganzen die übliche, die Form durchweg nicht die der Untersuchung, sondern der Mitteilung. In der Regel wird an Versuche angeknüpft; dabei geschieht es aber, dass der ideale hydrostatische Versuch Pascals als ein realer beschrieben wird.

In vielem erkennt man, dass der Verfasser sich bemüht hat, den neueren Anschauungen gerecht zu werden. So sind z. B. bei den Fallversuchen historische Anknüpfungen benutzt. In der Elektrizitätslehre ist der Potentialbegriff in einer die empirische Seite hervorkehrenden Fassung aufgenommen: „Wenn Elektrizität so auf einem Leiter angesammelt ist, dass eine Mengeneinheit beim Abfliessen gerade eine Arbeitseinheit leistet, so sagt man, die Elektrizität hat das Potential 1.“ Leider ist daran die falsche Behauptung angeschlossen: „Wenn auf einem Leiter m Mengeneinheiten Elektrizität vom Potential p sitzen, so haben sie die elektrische Energie mp, denn sie können, bis sie zur Erde abfliessen, mp Arbeitseinheiten leisten.“ Auch ist das Potential, abgesehen von der allgemeinen Erläuterung der Energieverwandlung, nicht weiter bei der Erklärung der elektrostatischen Vorgänge benutzt. Bei den galvanischen Erscheinungen, die unmittelbar an die Hydrokette angeknüpft sind, ist der Begriff verwendet, wiewohl mehr in theoretischer als in anschaulicher Behandlung. Hier wird zwischen Spannung (als Ursache der Divergenz der Goldblättchen) und Potential unterschieden, als ob beide etwas verschiedenes wären. Bei der Erörterung der Vorgänge im Element findet sich ein ganz unverständlicher Satz über Zersetzungsprodukte des Zinks; die ganze Darstellung der chemischen Seite der Vorgänge ist um so unzureichender, als die chemischen Wirkungen des Stromes überhaupt nicht behandelt sind. Bei der Induktion sind die Kraftlinien zur Betrachtung herangezogen und auch bei der Erklärung der Dynamomaschinen benutzt.

Wenngleich das Buch, wie viele andere, mehr dozierender als demonstrierender Art ist, so wird es doch ein brauchbares Unterrichtsmittel abgeben, namentlich wenn der Unterricht selbst das noch in methodischer Hinsicht Mangelhafte ergänzt. Ein Anhang von 150 Aufgaben für leichtere Berechnungen bildet den Schluss des Buches. *P.*

Naturlehre im Anschluss an das Lesebuch von Dr. J. Bumüller und Dr. J. Schuster. Illustrierte Ausgabe. Von Dr. Max Wildermann. Mit 111 Abbildungen. Zweite, sehr veränderte Auflage. Freiburg i. Br., Herder, 1892. VIII und 120 S. Brosch. 0,80, geb. 1 M.

Der Verfasser ist der Ansicht, dass es nicht die Aufgabe der Volksschule sein könne, die Naturgesetze in ihrer scharfen Fassung, sei es zum verstandesmässigen, sei es zum gedächtnismässigen Eigentum ihrer Schüler zu machen. Der niedere Unterricht in der Physik solle ein Anschauungsunterricht sein und sein vornehmster Zweck sei Schulung des Verstandes an der Hand getreuer und scharfer Beobachtung. Die Grenzen des niederen Physikunterrichts lägen dort, wo an Stelle der leicht zu handhabenden Hilfsmittel der complizierte Apparat und an Stelle des gemeinen Rechnens die mathematische Formel träte. Von diesen Gesichtspunkten aus ist der vorliegende kleine Leitfaden mit anerkennenswertem Geschick in der Auswahl und der Darstellung des Stoffes abgefasst. In der zweiten Auflage sind zwei erhebliche Verbesserungen angebracht worden. Überall sind Beobachtungen und Versuche vorangestellt und aus ihnen heraus erst die Gesetze entwickelt worden. Ferner sind „Fragen und Aufgaben“ geschickt eingefügt worden; sie bieten nach gründlicher Durchnahme des betreffenden Abschnitts den Ausgangspunkt zu Wiederholungen, welche die Schüler nicht ermüden. *Hahn-Machenheimer.*

Anfangsgründe der Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen, besonders der Gymnasien. Von Dr. Jos. Krist. 18. Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. W. Pscheidl. Mit 227 Holzschnitten. Wien und Leipzig, Wilhelm Braumüller, 1893. 204 S. Fl. 1,25.

Das Buch von Krist hat seine anerkannten Verdienste um die Hebung des physikalischen Unterrichts an den österreichischen Mittelschulen; es ist namentlich durch die Präzision des Ausdrucks und die scharfe Unterscheidung von Versuch, Gesetz, Erklärung u. s. w. vorbildlich für viele spätere Schriften ähnlicher Art geworden. Die vorliegende Auflage zeigt in ihren Abweichungen von früheren, dass die Fortschritte der Methodik bei der Neuherausgabe sorgfältig beachtet worden sind. Besonders fällt die Einführung des Potentialbegriffs im Sinne unserer Zeitschrift auf. In der Chemie sind Wirkungen des Arendtschen Lehrgangs zu erkennen. Am Schlusse ist ein kurzer Abriss der Himmelserscheinungen hinzugefügt, in dem vorwiegend die scheinbaren Bewegungen behandelt werden. Weniger günstig erscheint die Umgestaltung der Mechanik, die einen mehr deduktiven Charakter angenommen hat. So ist der Hebel jetzt nach den Sätzen über Zusammensetzung paralleler Kräfte behandelt und aus diesen abgeleitet. Da diese Sätze aber auch rein experimentell dargestellt werden, so hat eine solche Ableitung keinen Vorzug vor der in früheren Auflagen üblichen, bei der der Begriff des Momentes viel schärfer herausgearbeitet war als jetzt. Eine vor langer Zeit beanstandete, den natürlichen Zusammenhang umkehrende Darstellung der Grösse des Luftdrucks (S. 9) ist dagegen noch immer stehen geblieben. — Im ganzen bietet das Buch eine wohldurchdachte Auswahl dessen, was für einen physikalischen Unterkursus bei ausreichender Zeit angemessen ist. *P.*

Grundriss der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Fr. Rüdorff. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und einer Spektraltafel. Zehnte Auflage. Berlin 1893. Verlag von H. W. Müller. 274 S. M. 3,70.

Anleitung zur chemischen Analyse für Anfänger, besonders für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Fr. Rüdorff. Achte Auflage. Berlin 1893. Verlag von H. W. Müller. 48 S. M. 0,60.

Grundriss der Mineralogie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Fr. Rüdorff. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. Sechste Auflage. Berlin 1892. Verlag von H. W. Müller. 98 S. M. 1,20.

Die vorstehenden Bücher des Verfassers, die schon eine grosse Anzahl von Auflagen hinter sich haben, sind so hinlänglich bekannt, dass eine ausführlichere Besprechung nicht erforderlich ist. Die neuen Auflagen sind neben den letzten älteren vollständig brauchbar und entsprechen auch sonst den jetzt gestellten Anforderungen an Schulbücher. Bei dem Grundriss der Chemie ist berücksichtigt, dass an vielen Anstalten nur unorganische Chemie getrieben wird und daher der Wunsch hervorgetreten ist, die unorganische Chemie getrennt erhalten zu können. Dieser Teil ist daher so gearbeitet, dass er auch gesondert ausgegeben werden kann. Ihm sind auch die früher am Schluss befindlichen Anhänge (Messanalyse, Schiesspulver, Glas etc.) angeschlossen, ebenso wie die stöchiometrischen Aufgaben und Tabellen. Bei der Reihenfolge der Elemente ist die Gruppierung in Metalloide und Metalle beibehalten, am Schluss aber ein Überblick über das periodische System der Elemente gegeben. *Sch.*

Grundzüge der Chemie in chemischen Untersuchungen. Zum Gebrauche an Gymnasien und Realschulen. Von Dr. F. Wilbrand. Nebst einem Anhange: Die wichtigsten Krystallformen und Bemerkungen über Ausführung der Versuche. 47 Originalholzschnitte im Text. 3. Auflage, Hildesheim, A. Lax, 1893. 88 S.

Der Verfasser hat nach seinem grösseren Leitfaden (*d. Zeitschr. VI 105*) diese Grundzüge zusammengestellt und für den kurzen, von den neuen Lehrplänen vorgeschriebenen Lehrgang eingerichtet. Nur zu nahe liegt die Gefahr, dass der methodische Wert dieses Lehrganges durch übermässige Stoffanhäufung oder durch noch nicht angebrachte theoretische Erörterungen beeinträchtigt wird. Demgegenüber zeichnen sich diese Grundzüge durch eine maassvolle Begrenzung aus und leiten zugleich, in der bekannten Weise des Verfassers, zu einer wahrhaft induktiven Behandlung des Gegenstandes an. Ein nach diesem Vorbilde erteilter Unterricht wird auch bei der Ungunst der Verhältnisse den bildenden Wert der Chemie noch zur Geltung kommen lassen. Im einzelnen ist der Stoff in 12 Abschnitte gegliedert: Luft, Wasser, Schwefel, Vitriolöl, Kochsalz, Salpeter, Salmiak, Kohle, Kalkstein, Quarz, schwere Metalle und Erze, Übersicht über die wichtigsten Elemente und ihre Verbindungen. In dem Abschnitt über Vitriolöl hat eine vereinfachte Darstellung der Wirkung von Zink auf Schwefelsäure Platz gefunden, die um so leichter verständlich sein wird, als dabei bereits die chemischen Symbole, abweichend von dem „Leitfaden", benutzt werden. Für die Untersuchung der Constitution des Ammoniaks ist im Anhang ein beachtenswerter Gedankengang angegeben, der sich auf die Zersetzung des Ammoniaks durch erhitztes Kupferoxyd stützt. *P.*

Programm-Abhandlungen.

Versuche über die Spannkraft der Dämpfe einiger Salzlösungen. II. Teil. Von Dr. Heinrich Schwenger. Kaiser Karls-Gymnasium zu Aachen. Ostern 1892. Pr. No. 420.

Zwischen den Beobachtungen von Wüllner und von Tammann über die Spannkraft der Dämpfe der Lösungen von Kalihydrat und Natronhydrat bestehen Verschiedenheiten, die dem Verfasser eine nochmalige Untersuchung der Frage wünschenswert erscheinen liessen. Das Ergebnis war, dass die Verminderungen der Dampfspannung nicht dem Prozentgehalt proportional sind, und dass auch keine Proportionalität stattfindet, wenn man statt der chemischen Formeln der Salze irgendwelche Hydrate annimmt. Die Spannungsverminderung ist mit der Temperatur veränderlich, aber erst über 70° der Temperatur proportional. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 24. April 1893. Herr O. Ohmann demonstrierte zwei Perspektographen von Stühler. Ein Gummifaden, mit dem einen Ende am Zeichenbrett zu befestigen, trägt am andern Ende den Zeichenstift. An dem Faden ist eine Perle, verschiebbar zum Einstellen des Abbildungsverhältnisses, angebracht. Das Auge folgt von einer festen Visiervorrichtung aus den Linien des abzubildenden Gegenstandes, während der Zeichenstift so geführt wird, dass die Perle sich stets in der Visierlinie befindet. Der vollkommenere Apparat, Präcisionszeichner genannt, hat doppelten Faden und vollkommnere Einrichtung. — Herr M. Koppe gab für einen besonderen Fall einen elementaren Beweis des Puiseux'schen Satzes für das Raumpendel: Wenn das Pendel bei seiner Bewegung nicht die Horizontalebene seiner Ruhelage berührt, so besitzt die Projektion des pendelnden Punktes auf eine wagerechte Ebene eine Reihe von Scheiteln, für die der Radius vector, der von der Spur der lotrechten Ruhelage des Pendels ausgeht, abwechselnd einen grössten und kleinsten Wert annimmt. Bezeichnet man das Azimut eines grössten Radiusvectors mit φ, so durchläuft für den Fall $\varphi > \pi$ die Projektion des pendelnden Punktes ein Oval, das sich in demselben Sinne dreht, in dem es beschrieben wird. — Derselbe zeigte, wie man mit Hülfe eines von Petrus Apianus im Astronomicum Caesareum (1540) angegebenen Instrumentes schnell die Länge eines Planeten bestimmen kann, und wie sich mit Hülfe zweier Polarcoordinaten auch die Breite eines Planeten auffinden lässt. — Eine Frage, warum der Wagner'sche Hammer eines Induktionsapparates aufhört zu gehen, wenn man die beiden für Extrastrom betimmten Klammern kurz schliesst, wird von Herrn Heitchen beantwortet.

Sitzung am 8. Mai 1893. Herr R. Heyden entwickelte unter Vorführung zahlreicher Versuche eine schulgemässe Behandlung der magnetischen Induktion für die Unter- und Oberstufe.

Auf der ersten Stufe wurden vorgeführt: Die magnetischen Kraftlinien permanenter Magnete; das homogene Feld des horizontalen Erdmagnetismus durch kleine Kompassnadeln veranschaulicht; die Magnetisierung des weichen Eisens durch Induktion; Permeabilität und Susceptibilität in einem homogenen, durch Stabmagnete hergestellten Felde; Paramagnetismus und Diamagnetismus analog zum Auftrieb in Flüssigkeiten. Die Oberstufe umfasst: Magnetische Wage und Coulomb'sches Gesetz, Polstärke im CGS-System; Kraftlinienzahl, Induktionsröhren; Feldstärke im CGS-System; Geometrische Addition, Subtraktion und Zerlegung homogener Feldstärken; Magnetisches Moment eines Stabes und Intensität seiner Magnetisierung; Schwingungsdauer eines Magneten im homogenen Felde; Bestimmung relativer Feldstärken durch Schwingungszahlen derselben Magnetnadel; Gauss'sche Bestimmung der absoluten Intensität des Erd- und Stabmagnetismus; Gesamtfeld der magnetischen Induktion; specifische Magnetisierung des Materials; magnetischer Strom; magnetisches Potential im homogenen Felde; Magnetisierungsarbeit.

Sitzung am 29. Mai 1893. Herr M. Koppe zeigte, wie man die Lage der Weltaxe aus drei gegebenen Punkten der Schattenlinie eines Gnomons berechnen und aus der Mittagslinie und zwei gegebenen Punkten durch darstellende Geometrie construieren kann. Derselbe erklärte die Worte Zenith, Azimuth, Nadir. — Herr P. Kindel teilte eine sehr kurze Herleitung der Formel für die reduzierte Pendellänge mit und zeigte, wie auf geometrischem Wege der Satz vom Minimum der Ablenkung beim Prisma hergeleitet werden kann. Ferner gab derselbe eine einfache Construktion des Regenbogens an.

Correspondenz.

Auf die Kritik von Ebelings Leitfaden der Chemie für Realschulen im 4. Heft d. Jahrgangs hat der Herr Verfasser des Buches folgende Entgegnung übersandt:

1. Der Recensent bezweifelt die Zweckmässigkeit der vom Verfasser dargestellten Methode zur Erläuterung der Grundbegriffe, die sich an Hofmanns „Einleitung in die moderne Chemie" anschliesst, er giebt als Grund dafür den Mangel an Zeit und Geld an und empfiehlt, der Einleitung von Rüdorffs „Grundriss der Chemie" zu folgen.

Der Verfasser ist in der Lage, über beide Wege ein Urteil zu besitzen, welches auf Erfahrung gegründet ist. Als Schüler von einem vortrefflichen und anregenden Lehrer nach Rüdorffs Manier in die Chemie eingeführt, hat er die im Buch eingeschlagene Methode in mehrjähriger Lehrpraxis erprobt und giebt derselben vor der ersteren unbedingt den Vorzug. Die vom Recensenten empfohlene Einleitung pflegt etwa 4—6 Wochen in Anspruch zu nehmen und ermüdet, wie der Verf. an sich und seinen damaligen Mitschülern erfahren hat, auf die Dauer, da der Schüler kein oder wenig Interesse daran hat, den doch meist theoretischen Erörterungen zu folgen, deren Zweck und Anwendung auf das, was später folgen soll, er nicht zu übersehen im Stande ist. Die Anwendung dieser Methode stumpft daher nach der Ansicht des Verf. die rege Teilnahme ab, welche fast alle Schüler der Realanstalten dem chemischen Unterricht entgegenbringen, derselbe wird erst wieder anregender, wenn der Lehrer diesen Teil seines Pensums glücklich hinter sich hat und zur Darstellung des Wasserstoffs oder Sauerstoffs hat übergehen können. Die vom Verf. benutzte Methode sucht diese Klippe zu umschiffen, indem sie ohne längere Einleitung nach der Elektrolyse des Wassers sofort zu den beiden Elementen desselben übergeht und in ähnlicher Weise durch Elektrolyse der Salzsäure den Übergang zum Chlor und den übrigen Halogenen, durch Elektrolyse des Ammoniaks den Übergang zum Sticksoff findet. In engem und durchaus natürlichem Anschluss an jedes dieser Elemente bietet sich dann die passende Gelegenheit, die Hauptlehren der theoretischen Chemie zu entwickeln, so weit sie überhaupt in einem einjährigen chemischen Lehrkursus für Schüler nutzbar zu machen sind. Diese Methode ist ferner weder so zeitraubend noch so kostspielig, wie der Recensent darzustellen sucht. Bei guter Vorbereitung und genügend starkem Strom gehen die analytischen Versuche schnell und sicher von statten, für die Synthese der Verbindungen wird man sich allerdings meist mit der Besprechung der Versuche begnügen müssen, ein Übelstand, von dem übrigens keine andere Methode der Einleitung in die Chemie freizusprechen ist. Was die Kosten der Apparate für die gasometrischen Versuche anbetrifft, so sind die Berliner Realschulen in der Lage, dieselben zu bestreiten. Jeder dieser Anstalten stehen bei der Einrichtung ihrer chemischen Sammlung eine einmalige Summe von etwa 1000 Mark, ausserdem jährlich noch 200 Mark zur Verfügung.

2. Der Recensent bemängelt den Umfang des Stoffes im Leitfaden und nimmt an, dass alles, was darin steht, auch durchgenommen oder gar auswendig gelernt werden müsse. Ein

Buch, welches nicht einer Schule oder einem Lehrer auf den Leib geschrieben ist, sondern beansprucht, an einer Reihe von Anstalten als brauchbar gefunden zu werden, muss eben mehr als das unbedingt Nötige enthalten, um den verschiedenen Lehrern die Möglichkeit der Auswahl zu lassen. Der Verf. hat es für selbstverständlich gehalten, dass dies, auch ohne besonders im Vorwort erwähnt zu sein, erkannt werden würde. So kann natürlich nicht daran gedacht werden, alle Metalle, welche das Buch bringt, im Unterricht zu besprechen, ebenso wenig ist es die Ansicht des Verfassers, wie der Recensent fälschlich und ganz ohne Grund annimmt, dass „der Schüler die Namen der einzelnen Forscher nebst den beistehenden Jahreszahlen im Gedächtnis behält". Wohl aber wird dies von einzelnen in der Geschichte der Chemie besonders hervorragenden Männern verlangt werden können. Es ist ferner vom Verf. nicht beabsichtigt, dass sich die Schüler die verschiedenen Angaben über den kritischen Druck und die kritische Temperatur merken sollen, es erschien aber doch notwendig, die Bedeutung dieser in neuester Zeit so vielfach gebrauchten Ausdrücke klarzulegen und bei einigen Gasen durch Zahlen zu belegen.

3. In betreff der Anordnung des Stoffes bietet das Buch nichts „eigenartiges" sagt der Recensent. Dieses Urteil ist unrichtig, da, wie ja schon auch aus der Besprechung des Recensenten selbst hervorgeht, die Einleitung in die Chemie, abweichend von der sonst in systematischen Lehrbüchern üblichen, in die verschiedenen Elemente eingereiht worden ist. Aber das Urteil könnte auch den Anschein erwecken, als ob das Buch, von der Behandlung der technischen Chemie abgesehen, die als ein Vorzug anerkannt wird, sonst nichts eigenartiges besässe. Wäre es weiter nichts als ein Auszug aus den vorhandenen Handbüchern der Chemie, so wäre es von Seiten des Verfassers ungeschrieben geblieben! Aus der Praxis der Schule heraus und in der Schule entstanden, erhebt das Buch in direktem Gegensatz zu dem obigen Urteil den Anspruch, eine Fülle von Eigenheiten zu besitzen, der auch von den in anderen Zeitschriften (Gaea, Zeitschrift f. d. Realschulwesen) erschienenen Besprechungen ausdrücklich anerkannt wird. Als solche Eigenheiten will der Verf. hier nur kurz folgende anführen: Die Methode der Einleitung und die Anordnung derselben, eine Zusammenstellung der wichtigeren Versuche bei den Metalloiden, die Anwendung der roten Farbe zur Bezeichnung der Krystallaxen, den Abschnitt über die physikalischen Eigenschaften der Metalle, die eingehende Besprechung von Lagerstätten wichtiger Salze und Erze, zahlreiche statistische Tabellen über die Produktion der meisten Metalle, graphische Darstellungen über Eisen-, Kohlen- und Edelmetallgewinnung, schliesslich die zahlreichen (225) Abbildungen, in deren technischer Ausführung das Buch als Schulbuch wohl konkurrenzlos dastehen dürfte.

Dr. Max Ebeling, Oberlehrer a. d. 4. Realschule zu Berlin.

Von Herrn Dr. R. Lüpke ist darauf die nachstehende Erwiderung eingegangen:

Im Abschnitt 1 der Entgegnung hat mich der Verfasser nicht überzeugen können, dass die Methode, an einfachen Experimenten mit bekannten festen Körpern die Schüler in die Grundlehren der Chemie einzuführen, wie es neben anderen Autoren Rüdorff thut, langwierig und ermüdend sei. Wenn die Zeit beschränkt ist, so kann man nach diesem Verfahren in drei Unterrichtsstunden das Wesen einer chemischen Verbindung und das Gesetz der constanten Proportionen zur Genüge erörtern und auch erläutern, wie man zu den Äquivalentgewichten gelangt. Von letzteren geht man dann zu den Atomgewichten über, von denen gesagt wird, dass sie aus nicht weiter zu besprechenden Gründen den einfachen oder mehrfachen Äquivalentgewichten gleich gesetzt werden. Bei diesem Entwickelungsgang wird die Aufmerksamkeit der Schüler durch instruktive und schnell ausführbare Experimente dauernd gefesselt, und ihr Interesse wird nicht im mindesten geschwächt, da der Stoff leicht verständlich ist. — Dagegen nehmen die gasometrischen Experimente an sich viel Zeit in Anspruch, und noch mehr Zeit ist erforderlich, die sich daraus ergebende Theorie abzuleiten. Der ganzen Mühe dürfte aber der Erfolg nicht entsprechen, denn eine genauere Kenntnis der Theorie der Gase und der Elektrolyse lässt sich bei einem Schüler einer sechsklassigen Anstalt nicht voraussetzen. Wenn ferner nach der Meinung des Verfassers die synthetischen Versuche nicht ausgeführt, sondern nur beschrieben werden sollen, so bleibt die Basis, von der seine Deduktionen ausgehen, mangelhaft, und es werden durch die blosse Beschreibung jener Versuche an die Einbildungskraft der Schüler so hohe Anforderungen gestellt, dass ihr Interesse sicherlich abnimmt. Dazu kommt, dass aus den gasometrischen Versuchen sich nur die Atomgewichte der gasförmigen Elemente ergeben. Über die Bestimmung der Atomgewichte der Metalle aber, nach welcher die besseren Schüler fragen könnten, wird in dem Lehrbuch nichts erwähnt. Ich komme daher wieder zu dem Schluss, dass die gasometrische Methode für die Ableitung der Grundbegriffe in einem einjährigen chemischen Kursus zu zeitraubend,

schwierig und lückenhaft und daher unbrauchbar ist. — Nur in dem einen Punkt muss ich dem Verfasser Recht geben, dass nämlich die Berliner Realschulen Mittel genug besitzen, im Laufe der Jahre sich die für jene Methode erforderlichen Apparate anzuschaffen, falls sie es nicht vorziehen, das Geld praktischer zu verwerten. Doch dürfte mein Irrtum zu entschuldigen sein, da ich nicht voraussetzen konnte, dass den Berliner Realschulen für die Unterrichtsmittel in der Chemie eine Summe zur Verfügung gestellt wird, welche relativ fünfmal so gross ist wie die der Berliner Realgymnasien.

Im Abschnitt 2 der Entgegnung versucht der Verfasser in betreff des Umfangs seines Lehrbuchs seinen Standpunkt zu behaupten, indem er mir ohne jeden Grund die Annahme unterschiebt, dass alles, was in einem Lehrbuche stehe, vom Schüler auswendig gelernt werden müsse. Weit entfernt von solch grobem Fehler, der allen Prinzipien des heutigen naturwissenschaftlichen Unterrichts widersprechen würde, halte ich meine frühere Behauptung aufrecht, dass der Umfang des Ebelingschen Leitfadens über das erreichbare Ziel eines einjährigen chemisch-mineralogischen Unterrichts allzu weit hinausgeht. Da der Inhalt des Buches so ausgedehnt ist, dass er in dem vierjährigen Kursus eines Realgymnasiums nur mit Mühe absolviert werden kann, sowird man zugeben müssen, dass das Buch seinem Zweck nicht entspricht. Nun giebt es Lehrbücher genug (und darunter auch gute), denen mit Rücksicht auf den Umfang das Ebelingsche sehr nahe steht, und der Verfasser hätte insofern nicht nötig gehabt, die Zahl derselben noch zu vermehren. Aber gerade darin hätte doch die Aufgabe des Verfassers bestehen sollen, dasjenige Material herauszusuchen und nach den didaktischen Grundsätzen durchzuarbeiten, welches in einer Schule neuerer Art mit einjährigem chemischen Kursus sich thatsächlich erledigen lässt. Wird aber, wie in dem Buche des Verfassers, der Stoff maasslos angehäuft, so muss das Studium desselben den Schüler ermüden, und da er es übel empfinden wird, wenn er darin vieles liest, was er nicht versteht, weil es aus Mangel an Zeit in der Schule nicht behandelt ist, so liegt es nahe, dass er ein solches Buch gar nicht mehr benutzt. Es muss sich daher ein Lehrbuch enger an den Unterricht anschliessen, als der Verfasser meint. Eben weil im vorliegenden Fall die Zeit so beschränkt ist, hätten sich die Grenzen desselben um so leichter bestimmen lassen, und im Abschnitt 4 meiner Rezension ist verschiedenes angeführt, was aus dem Lehrbuch hätte fortfallen können. Zu seiner Rechtfertigung giebt der Verfasser an, ein Lehrbuch solle den einzelnen Lehrern eine Auswahl des Stoffes ermöglichen. Indessen ist für einen einjährigen Kursus diese Auswahl an sich sehr beschränkt. Im übrigen würden aber die Lehrer, wenn sie einer Orientierung überhaupt bedürfen, weit besser thun, sich den Stoff direkt aus den Quellen, aus denen der Verfasser geschöpft hat, zusammenzustellen, da es einer der Hauptfehler des Ebelingschen Lehrbuchs ist, dass es, wie ich in der Rezension gezeigt habe, zahlreiche Unrichtigkeiten und Ungenauigkeiten enthält.

In Betreff des Abschnittes 3 der Entgegnung bemerke ich zunächst, dass der Verfasser durchaus nicht der erste gewesen ist, der die Grundbegriffe der Chemie gelegentlich der Behandlung der einzelnen Elemente erläutert hat. Ich nenne u. a. das Lehrbuch von Lorscheid (1887); das von Richter aber (3. Auflage 1881), in welchem jenes Prinzip vortrefflich durchgeführt ist, hat der Verfasser, wie er in dem Vorwort selbst angiebt, für seinen Leitfaden direkt benutzt. — Ferner hätte der Verfasser den Abschnitt 5 meiner Rezension ganz beachten sollen und nicht bloss die erste Zeile desselben. Er würde gefunden haben, dass mein Urteil, die Anordnung des Stoffes biete nichts eigenartiges, mit etwaigen sonstigen Eigenheiten des Buches direkt nichts zu thun hat und sich nur auf die bekannte, in seinem Lehrbuch keineswegs zum Vorteil desselben streng innegehaltene Disposition bezieht, nach welcher jedes einzelne Element behandelt wird. Ausserdem hätte er dann nicht nötig gehabt, selbst die Vorzüge seines Buches hervorzuheben und grösstenteils das zu wiederholen, was im Abschnitt 4 meiner Rezension bereits steht. Da endlich der Verfasser wegen der technischen Ausführung der 225 Abbildungen sein Lehrbuch sogar als „konkurrenzlos“ bezeichnet, so habe ich dasselbe in dieser Hinsicht mit anderen Lehrbüchern wie denen von Lorscheid und Zängerle verglichen und darin die Abbildungen keineswegs weniger gut gefunden. Doch stellte sich hierbei noch ein Nachteil des Ebelingschen Buches insofern heraus, dass von den 225 Abbildungen desselben sich nicht weniger als 160 auf die Krystallographie, und höchstens 18 auf die Technologie beziehen. Weit vorteilhafter wäre es daher gewesen, die letztere Zahl auf Kosten der ersteren, wie etwa durch Abbildungen über die Gewinnung des Schwefels, den Regenerativofen, Zinkofen, Treibherd etc., zu vergrössern.

Dr. R. Lüpke.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1893.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	September 2	7	12	17	22	27	Oktober 2	7	12	17	22	27	
Helio-centrische Längen.	83°	114	141	165	186	203	219	234	248	262	278	290	☿
	241	249	257	265	273	280	288	296	304	312	320	328	♀
	340	345	350	355	0	5	9	14	19	24	29	34	♁
	161	163	166	168	170	172	174	177	179	181	183	185	♂
	49	50	50	51	51	52	52	53	53	53	54	54	♃
	195	195	195	195	195	195	196	196	196	196	196	196	♄
Aufst. Knoten.	22°	21	21	21	21	20	20	20	19	19	19	19	☾
Mittl. Länge.	59	125	191	257	323	29	95	160	226	292	358	64	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	55°	133	195	255	322	23	98	168	226	291	354	61	☾
	147	156	165	174	182	190	197	205	212	219	226	233	☿
	192	197	203	208	214	220	226	232	238	244	250	256	♀
	162	166	171	175	180	184	189	193	198	203	207	212	☉
	163	166	169	172	175	177	180	183	186	189	192	195	♂
	59	59	59	60	60	59	59	59	59	58	58	57	♃
	191	192	192	193	194	194	195	195	196	196	197	198	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+23°	+23	− 6	− 27	− 20	+10	+28	+ 8	− 20	− 27	− 5	+25	☾
	+14	+12	+ 8	+ 5	+ 1	− 3	− 7	− 11	− 14	− 17	− 19	− 21	☿
	− 5	− 7	− 10	− 12	− 14	− 16	− 18	− 20	− 22	− 23	− 24	− 25	♀
	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	− 2	− 4	− 6	− 8	− 9	− 11	− 13	☉
	+ 9	+ 7	+ 6	+ 5	+ 3	+ 2	+ 1	− 0	− 2	− 3	− 4	− 6	♂
	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	♃
	− 2	− 3	− 3	− 3	− 3	− 4	− 4	− 4	− 4	− 5	− 5	− 5	♄
Aufgang.	17h16m	17.24	17.33	17.41	17.50	17.58	18. 6	18.15	18.24	18.33	18.42	18.51	☉
	8h51m	14.22	21.11	2.13	5.20	6.18	9.16	16.16	22.44	2.37	4.3	5.24	☾
Untergang	6h43m	6.32	6.20	6.8	5.56	5.44	5.33	5.21	5.10	4.58	4.48	4.38	☉
	1h 7m	6. 0	7. 2	8.35	14.12	21.17	2.50	4.51	5.47	9.12	15.52	23.28	☾
Zeitglchg.	−0m33s	− 2.12	−3.55	−5.40	− 7.26	− 9.9	−10.47	−12.16	−13.34	−14.40	− 15.31	−16.5	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Sept.	2	22h	35m	Letztes Viertel	Oktbr.	2	4h 13m	Letztes Viertel
„	3	23		Mond in Erdnähe	„	9	9 21	Neumond
„	9	19	58	Neumond	„	14	23	Mond in Erdferne
„	17	3		Mond in Erdferne	„	17	12 14	Erstes Viertel
„	17	17	12	Erstes Viertel	„	24	20 21	Vollmond.
„	25	9	17	Vollmond	„	26	20	Mond in Erdnähe
„	29	5		Mond in Erdnähe	„	31	11 35	Letztes Viertel.

Constellationen. September: 1 16 ♀ ☌ ♄; 2 7h ♃ ☌ ☾; 3 22 ♂ ☌ ☉; 9 0h ☿ ☌ ☾; 9 15h ♂ ☌ ☾; 11 19h ♄ ☌ ☾; 12 18h ♀ ☌ ☾; 15 5h ☿ ☌ ♂; 19 21h ☿ obere ☌ ☉; 22 9h ☉ in der Wage, Herbst: Nachtgleiche; 29 13h ♃ ☌ ☾; 30 4 ☿ ☌ ♄. — Oktober: 8 9h ♂ ☌ ☾; 8 10h ♄ ☌ ☉; 9 ringförmige Sonnenfinsterniss (in Europa unsichtbar); 9 9h ♄ ☌ ☾; 10 15h ☿ ☌ ☾; 13 2h ♀ ☌ ☾; 14 20h ☿ in Sonnenferne; 15 20h ♀ in Sonnenferne; 26 18h ♃ ☌ ☾; 31 11h ♂ ☌ ♄.

Meteore. Die Sichtbarkeit der zum Oktober-Schwarm (Okt. 18—24) gehörigen Meteore wird durch das Mondlicht sehr beeinträchtigt.

Veränderliche Sterne. 1) Algols Minima treten im September 3 11h, 6 8h, 20 16h, 23 13h, 26 10h; Oktober 10 17h, 13 14h, 16 11h, 19 8h; 2) Minima von λ *Tauri* treten im September 4 13h, 8 12h, 12 11h; 3) zu den anderen für Juli und August genannten Sternen treten in den späten Nachtstunden noch ζ, η *Geminorum*, δ *Orionis*.

Zodiakallicht. Dasselbe ist im September gegen 16h, im Oktober etwas später am östlichen Himmel aufzufinden.

J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.